



Hinc patriam sustinet

**Instituto Superior de Agronomia**  
**Universidade Técnica de Lisboa**



# **INFLUÊNCIA DO PROCESSO DE MISTURA NA COMPOSIÇÃO FÍSICA E QUÍMICA DO ALIMENTO ÚNICO PARA VACAS LEITEIRAS.**

**Ana Rita Martins Filipe Lopes**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia Zootécnica – Produção Animal**

Orientador: Professor Doutor João Pedro Bengala Freire

Co-orientador: Engenheiro António Castanheira

## **Júri:**

Presidente: - Doutora Luísa Almeida Lima Falcão e Cunha, Professora Associada do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa.

Vogais: - Doutor João Pedro Bengala Freire, Professor Catedrático do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa;

-Doutor José Pedro da Costa Cardoso Lemos, Professor Associado da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Técnica de Lisboa;

- Licenciado António Castanheira, na qualidade de especialista.

Lisboa, 2011

**À minha Família**

## **Agradecimentos**

Antes de mais, quero dirigir o meu mais sincero agradecimento ao Professor Doutor João Pedro Bengala Freire por me ter orientado durante os últimos passos desta fase de aprendizagem da minha vida. Muito obrigada pelo tempo disponibilizado, pelos conhecimentos que me transmitiu e pelo apoio e amizade.

Agradeço também ao Sr. Engenheiro António Castanheira por me receber e me orientar na exploração e por me disponibilizar tudo quanto necessitei. Também dirijo o meu agradecimento ao Sr. Alexandre Arriaga e Cunha por me ter autorizado a realização deste trabalho na sua propriedade.

Não posso deixar de agradecer a todos os funcionários do Casal de Quintanelas, que sempre se disponibilizaram para me ajudar. Ao senhor Nuno, à dona Aurora, e a todos os restantes, o meu muito obrigada!

Dirijo ainda o meu agradecimento ao Sr. Engenheiro Jerónimo que me aconselhou na EUROCEREAL e me transmitiu conhecimentos importantes para este trabalho, ao Engenheiro Vidal por me ter autorizado o uso de todo o equipamento, à Isabel que tão bem me orientou no laboratório, e à preciosa ajuda da Vera, da Teresa e da Mara, a todos muito obrigada!

Nesta fase final do meu percurso académico não posso deixar de agradecer a todos os professores deste Instituto e da Faculdade de Medicina Veterinária que contribuíram para que adquirisse mais e melhores conhecimentos nesta nossa área.

Agradeço sincera e profundamente aos meus pais, ao meu irmão e aos meus avós por me terem possibilitado a concretização deste meu sonho.

Ao Pedro o meu muito obrigada por ter acreditado sempre que eu ia conseguir e por me ter ajudado sempre que precisei. À família do Pedro, muito obrigada por todo o incentivo e ajuda!

A todos os meus colegas de curso muito obrigada por todos os momentos durante estes cinco anos, pelo espírito de entreajuda e pela amizade! Ao meu colega Mário Reis muito obrigada pelo apoio e incentivo, pela preocupação!

Por último mas não menos importante, expresso o meu agradecimento às minhas colegas da equipa de voleibol feminino do Instituto Superior de Agronomia pelo companheirismo e amizade. Um obrigada muito especial à Ana Lúcia Pulido e à Elsa Nascimento pelo apoio durante a realização deste trabalho e pela preocupação que sempre demonstraram.

O meu sincero agradecimento a todos vós!

## Resumo

Com o intuito de estudar a influência do processo de mistura na granulometria e na composição química do alimento único para vacas leiteiras foi realizado um ensaio comparando-se três processos de mistura: o “Controlo”, caracterizado pela manutenção dos parâmetros em uso na exploração, nomeadamente a ordem de entrada no misturador e o início da mistura (ração, feno – início da mistura, silagem e água), o “Processo A”, em que se alterou o início da mistura para o momento da incorporação da silagem, pela mesma ordem acima descrita, e o “Processo B”, em que se alterou a ordem de entrada dos alimentos no misturador (ração, silagem – início da mistura, feno e água).

A granulometria foi caracterizada pelo método do “PENN Separator”, a composição química (PB, GB, Amido, FB, NDF, ADF e cinza) pelo NIRS e o teor de matéria seca por secagem em estufa. Os parâmetros granulométricos e o teor de NDF não se mostraram adequados em nenhum dos processos. O “Processo A” mostrou-se o mais benéfico, não piorando a granulometria e permitindo a economia de tempo e possivelmente de combustível. O teor de matéria seca mostrou-se adequado em todos os processos de mistura, traduzindo que os tempos de mistura foram suficientes.

**Palavras-chave:** processo de mistura, alimento único, granulometria, teor de NDF, matéria seca.

**Abstract**

This work was developed to study the influences of the mixing process in the physical and chemical composition of the TMR for dairy cows. Three mixing processes were studied: the “Control”, characterized by keeping the parameters already used on the dairy farm, particularly the order of entry in the blender and the beginning of the mixture (ration, hay – starting mixture, silage and water), the “Process A”, which changed the beginning of the mix for the moment it enters the silage, maintaining the order of entry described above, and “Process B”, which changes the order of entry in the blender (ration, silage – starting mixture, hay and water).

The particle size of the mixture was analyzed by the “Penn Separator” method, the chemical composition (CP, Lipids, Starch, CF, NDF, ADF and Ash) by the NIRS and the dry matter content in an oven. The particle size parameters and NDF content were not appropriate in any of the mixing processes, but “Process A” proved to be the most beneficial, not worsening the particle size and allowing the saving of time and possibly of fuel.

In all processes the dry matter content was adequate and uniform, which shows that the mixing times were correct.

**Key Words:** mixing process, total mixed ration, particle size, NDF content, dry matter.

## Extended Abstract

Milk production has suffered several alterations among the years in European Union (25). Improving dairy cows milk production conducted to feeding systems that allows the incorporation of higher levels of energetic food. Silages have generally replaced long dry hay in diets fed in many of today's larger and more mechanized dairy farms (Heinrichs et al., 1999). Improvements in genetics, nutrition, and overall management of dairy cows have created the need for increasingly higher levels of dietary energy intake (Heinrichs et al., 1999). Forages by itself cannot supply the high level of dietary energy intake required by high producing animals. That fact has led to diets that are relatively high in concentrates (Smith and Pritchard, 1983, at in Heinrichs et al., 1999). Including higher levels of concentrates in the diet for dairy cows leads to a necessity for maintenance of certain fiber fractions. When minimum fiber levels are not met, cows often show metabolic disorders, including reduced total dry matter digestibility, reduced milkfat percentage, displaced abomasum, and an increase in the incidence of ruminal parakeratosis, laminitis, acidosis, and fat cow syndrome (Sudweeks et al., 1981, cit in Heinrichs et al., 1999). The particle size of the TMR is also an important aspect. There are references to the optimum values for the particle size and NDF content of TMR.

In order to study the particle size and chemical composition of a TMR, three different mixing processes were tested. The first mixing process, called "Control", has the following order of blender: first the ration, second the hay and started to mix, third the silage and last the water. As the particle size wasn't adequate, falling short of the recommended values, two alternatives have been proposed: the "Process A", which was the change of the start of mixing to the time when the silage enters the blender, and "Process B", altering the order of entry to the blender (first the ration, second the silage and starting mixture, third the hay and finally the water). Both were proposed in order to reduce the time that the hay was exposed to the mixing process, possibly causing the longer particles not to suffer so many breaks. Samples were collected from five different points over three parks with cows in the same stage of production (early lactation). The samples were collected during 14 days: the first 5 days for the "Control" process, the next 5 days correspond to the "Processo A" and the remaining 4 days to "Processo B". After collection the samples were transported to the laboratory where they underwent their particle size analysis, analysis of chemical composition and dry matter analysis of each sample. The particle size analysis was performed by the Penn State Particle Separator method. The chemical composition was analyzed by the NIRS method and the dry matter was analyzed by drying the samples at 103-105°C for 24 hours.

After the samples were collected and analyzed, the data was processed. In the three mixing processes the amount of particles retained in the first and third sieves and in the

bottom pan was in general much higher than recommended. The amount of particles retained in the second sieve was far below what is recommended.

The chemical analysis, and in particular the content of NDF in dry matter, none of the processes obtained optimal values. All samples were found to have levels of NDF higher than those recommended. Analysis of dry matter showed suitable and uniform values, which indicates a good mixing of the TMR components.

Although no cases proved to be ideal, the “Process A” was the process that got better values: better retention on the first sieve. Moreover, this process registered the lowest mixing times, possibly saving labor time and fuel.

**Índice Geral**

Agradecimentos	i
Resumo	ii
Abstract	iii
Extended Abstract	iv
Índice de Quadros	viii
Índice de Figuras	x
Lista de Abreviaturas	xii
1) Introdução	1
2) Revisão Bibliográfica	2
1. Evolução da produção do sector leiteiro	2
2. A importância da granulometria do Regime alimentar das vacas leiteiras	6
3. A análise granulometria	9
4. Consequência da granulometria no metabolismo dos animais	11
5. Consequência da granulometria na economia da exploração	20
6. A análise química	20
7. Valores de referência	21
3) Materiais e Métodos	25
1. Caracterização de entidades	25
1.1. Caracterização da exploração	25
1.2. Caracterização da empresa produtora de alimento para animais	25
2. Metodologia utilizada	26
2.1. Processo de mistura e recolha das amostras	26
2.2. Análise da distribuição do tamanho da partícula	28
2.3. Análise química	30
2.4. Análise da matéria seca	31
2.5. Análise dos dados	32
4) Resultados	33
1. Resultados da análise granulométrica	33
2. Resultados da análise química	36
3. Resultados da análise da matéria seca	38
4. Correlação	39



5) Discussão	43
1. Caracterização da granulometria e composição química dos alimentos únicos preparados para as vacas	43
1.1. Granulometria	43
1.2. Análise química	47
2. Efeito do processo de mistura na granulometria e composição química do alimento	48
3. Efeito do tipo de mistura na granulometria e na composição química do alimento	49
6) Conclusão	50
7) Bibliografia	51
Anexos	54

## Índice de Quadros

<b>Quadro 1:</b> Evolução dos efectivos de vacas leiteiras, da produção de leite de vaca e do rendimento por vaca de 2004 a 2005.....	4
<b>Quadro 2:</b> Evolução da Produção de leite em Portugal.....	5
<b>Quadro 3:</b> Perfil de ácidos gordos voláteis no rúmen e depressão da gordura no leite em vacas alimentadas com baixo teor de fibra (LF), com alto teor em grãos e baixo teor de forragem.....	14
<b>Quadro 4:</b> Efeitos de dietas com aumento de insulina e manutenção do teor de glucose em vários parâmetros da produção leiteira.....	16
<b>Quadro 5:</b> Quadro ilustrativa das percentagens óptimas por peneiro de três tipos de alimento.....	21
<b>Quadro 6:</b> Valores de NDF recomendados expressos em percentagem da matéria Seca.....	23
<b>Quadro 7:</b> Efeito do processo de preparação no misturador na granulometria do alimento único.....	33
<b>Quadro 8:</b> Efeito do tempo de mistura no misturador na granulometria da TMR.....	34
<b>Quadro 9:</b> Efeito do processo de preparação da mistura na composição química da TMR.....	35
<b>Quadro 10:</b> Efeito do tempo de mistura na composição química da TMR.....	36
<b>Quadro 11:</b> Efeito do processo de preparação no misturador na matéria seca da TMR.....	37
<b>Quadro 12:</b> Efeito do tempo de mistura na matéria seca da TMR.....	37
<b>Quadro 13:</b> Coeficientes de correlação de Pearson entre o tempo de mistura e a granulometria da mesma.....	38

<b>Quadro 14:</b> Coeficientes de correlação de Pearson entre a granulometria e a composição química do alimento único.....	39
---	----

## Índice de Figuras

<b>Figura 1:</b> Evolução do número de produtores em Portugal.....	2
<b>Figura 2:</b> Evolução do número de produtores na União Europeia a 25.....	2
<b>Figura 3:</b> Evolução da produção de leite em Portugal de 2006 a 2010.....	5
<b>Figura 4:</b> Exemplo de um silo vertical.....	7
<b>Figura 5:</b> Exemplo de um silo horizontal.....	7
<b>Figura 6:</b> Esquematização do processo de separação de partículas através do PSPS.....	11
<b>Figura 7:</b> Relação entre a proporção de ácidos gordos voláteis no rúmen e o teor de matéria gorda do leite.....	14
<b>Figura 8:</b> Esquema exemplificativo do processo que leva à redução da matéria gorda no leite pela teoria da hiperinsulinémia secundária.....	15
<b>Figura 9:</b> Efeito dos isómeros CLA no teor butiroso do leite.....	17
<b>Figura 10:</b> Definição dos valores de GH e NH e ilustração de uma situação em que se aplicam os seus valores como factor de avaliação.....	23
<b>Figura 11:</b> Imagem do misturador horizontal utilizado na exploração Casal de Quintanelas.....	25
<b>Figura 12:</b> Imagem do interior do misturador, nomeadamente dos três sem-fim.....	25
<b>Figura 13:</b> Esquema representativo dos locais de recolha das amostras e do sentido de distribuição do alimento.....	26
<b>Figura 14:</b> Peneiro de 19 mm de largura de poro.....	27
<b>Figura 15:</b> Peneiro de 8 mm de largura de poro.....	27

<b>Figura 16:</b> Peneiro de 1 mm de largura de poro.....	27
<b>Figura 17:</b> tabuleiro de fundo, sem poros.....	27
<b>Figura 18:</b> Parâmetros utilizados na separação de partículas.....	28
<b>Figura 19:</b> Dispositivo separador de partículas montado.....	28
<b>Figura 20:</b> Subamostras colocadas em tabuleiros de alumínio para serem levadas à Estufa.....	29
<b>Figura 21:</b> Estufa utilizada para secar as subamostras durante 48 horas.....	29
<b>Figura 22:</b> Crivo utilizado no moinho.....	29
<b>Figura 23:</b> Moinho utilizado para moer as subamostras secas.....	29
<b>Figura 24:</b> Célula utilizada para a análise pelo NIRS.....	30
<b>Figura 25:</b> Sistema de análise NIRS.....	30
<b>Figura 26:</b> Caixa metálica identificada para medição da matéria seca.....	31
<b>Figura 27:</b> Balança utilizada para pesar as caixas (precisão de 0,0001g).....	31
<b>Figura 28:</b> Estufa utilizada para análise da matéria seca.....	31
<b>Figura 29:</b> Gráfico da distribuição média do tamanho da partícula do processo “Controlo”.....	43
<b>Figura 30:</b> Gráfico da distribuição média do tamanho da partícula do “Processo A”.....	44
<b>Figura 31:</b> Gráfico da distribuição média do tamanho da partícula do “Processo B”.....	45

**Lista de Abreviaturas:**

**ADF:** Acid detergent fiber (Fibra ácido-detergente)

**ASAE:** American Society of Agricultural Engineers' (Sociedade Americana de Engenheiros Agrícolas)

**CF:** Crude Fiber (Fibra Bruta)

**CLA:** Conjugated Linoleic Acid (Ácido Linoleico Conjugado)

**CORR:** Correlation

**CP:** Crude Protein (Proteína Bruta)

**DPR:** Desvio Padrão da Residual

**FB:** Fibra Bruta

**GB:** Gordura Bruta

**GH:** Global H number (Número H global)

**GLM:** General Linear Models

**LF:** Low Fiber (Baixo teor em fibra)

**MS:** Matéria Seca

**NDF:** Neutral detergent fiber (Fibra neutro-detergente)

**NH:** Neighborhood H number (Número H da vizinhança)

**NIRS:** Near Infrared Reflectance Spectroscopy

**NRC:** National Research Council

**PB:** Proteína Bruta

**PSPS/Penn Separator:** Penn State Particle Separator (Separador de Partículas do Estado da Pensilvânia)

**Rpm:** Rotações por minuto

**SARA:** Subacute Ruminant Acidosis (Acidose Ruminant Subaguda)

**SAS:** Statistic Analysis System

**TLC:** theoretical lenght of cut (tamanho de corte teórico)

**TMR:** Total mixed ration (alimento único)

## **Introdução**

Na produção de vacas leiteiras a alimentação das mesmas representa a maior importância, não só pelas implicações económicas, mas também por poder estar na origem de problemas metabólicos para os animais.

A evolução da produção dos últimos anos caracterizou-se pelo facto de o rendimento das vacas ter aumentado, o que implicou directamente necessidades crescentes de níveis de energia da dieta. Para suprimir estas necessidades os produtores tiveram que aumentar a quantidade de concentrado incorporado no alimento único. No entanto este aumento de quantidade de concentrado teve implicações bastante preocupantes na saúde animal, nomeadamente a nível metabólico, devido à falta de adequado tipo de fibra do alimento único.

Por revelar tamanha importância, foram desenvolvidos processos de análise do tamanho da partícula fáceis de usar, para permitir a monitorização da mesma. É o caso do Separador de Partículas do Estado da Pensilvânia (Penn State Particle Separator). Este método consiste na separação das partículas da TMR através de um conjunto de peneiros com diferentes tamanhos de poro (19mm, 8mm, 1mm e um tabuleiro de fundo sólido).

Além da análise do tamanho da partícula, a análise química é considerada complementar, especialmente o teor de NDF. Isto porque mesmo que a análise granulométrica se revele com valores adequados, se o teor de NDF não for adequado, poderão ocorrer os mesmos problemas metabólicos característicos do tamanho de partículas desajustado. Estes problemas metabólicos são nomeadamente acidoses ruminais e acidoses subagudas ruminais, deslocamento do abomaso, paraqueratose, laminites, entre outros. Além disso alguns dos problemas metabólicos referidos podem levar conseqüentemente à descida do teor de gordura do leite.

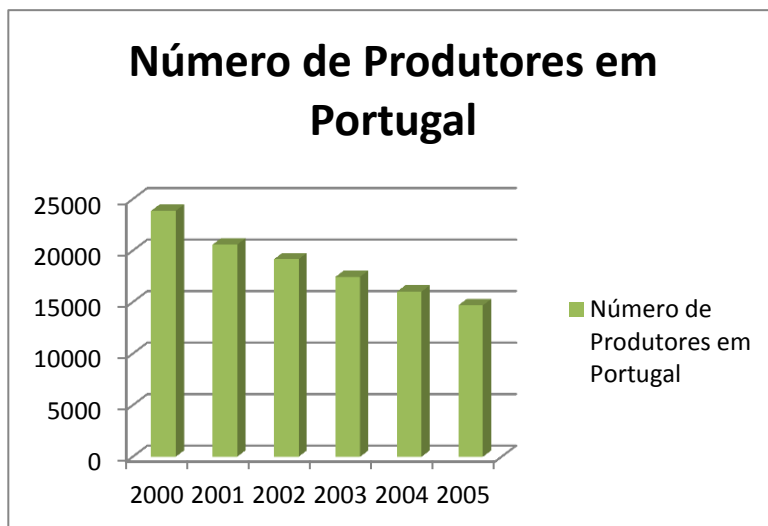
É portanto importante que aquando da formulação do alimento único para as vacas leiteiras, e durante o processo de mistura, o nutricionista tenha em atenção os possíveis tamanhos de partícula que daí possam resultar, devendo executar a análise granulométrica sempre que possível, para garantir a saúde animal e o melhor rendimento dos mesmos, assim como um adequado teor de gordura no leite.

## Capítulo II – Revisão Bibliográfica

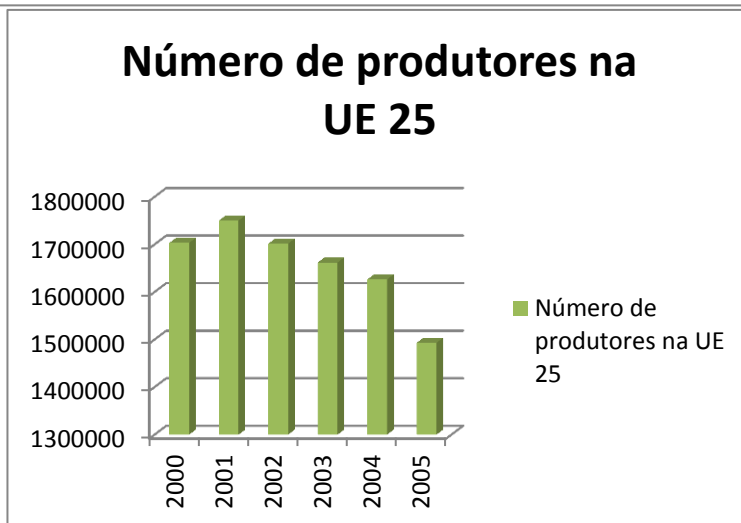
### 1. A evolução da produção do sector leiteiro

Para compreender as necessidades nutricionais das vacas leiteiras na actualidade, é necessária uma análise da evolução da produção. Centremo-nos então ao nível do peso que a produção de leite de vaca tem comparativamente a outras produções leiteiras, e como se caracteriza esta evolução.

Ao longo dos tempos, e mais especificamente na actualidade, a produção de leite de vaca tem vindo a assumir um importante papel no ramo leiteiro. Especificamente em Portugal, no ano de 2005 o peso relativo do leite de vaca, no total de leite produzido, foi de 93,9% (Anuário Pecuário 2006-07). Relativamente ao número de produtores leiteiros ao nível nacional e europeu, registou-se um decréscimo no período de 2000 a 2005, como se pode observar na figura 1. Foi observada a mesma tendência a nível Europeu (UE 25), como se pode confirmar na figura 2.



**Figura 1:** Evolução do número de produtores em Portugal (Fonte: Anuário Pecuário 2006-07).



**Figura 2:** Evolução do número de produtores na União Europeia a 25 (Fonte: Anuário Pecuário 2006-07).



De 2004 para 2005 a quantidade de leite de vaca produzido aumentou em 42 000 toneladas em Portugal. Este aumento de produção não foi só característico do nosso país, mas como também foi registado a nível europeu (UE 25), cuja produção passou de 142 001 mil toneladas para 142 990 mil toneladas de leite. Esta tendência só não foi acompanhada pela Áustria, Bélgica, Chipre, Espanha, Finlândia, Hungria, Irlanda, Malta, Reino Unido e Suécia, que diminuíram as suas produções e pela Grécia e Luxemburgo que mantiveram a produção de 2004 para 2005 (Quadro 1). Numa análise mais extensa ao nosso país, podemos verificar que de 1998 a 2005 a produção de leite de vaca foi quase sempre crescente, à excepção dos anos de 2001 e 2003, comparativamente àqueles que os antecederam (Quadro 2).

**Quadro 1:** Evolução dos efectivos de vacas leiteiras, da produção de leite de vaca e do rendimento por vaca de 2004 a 2005 (Fonte: Anuário Pecuário 2006-07).

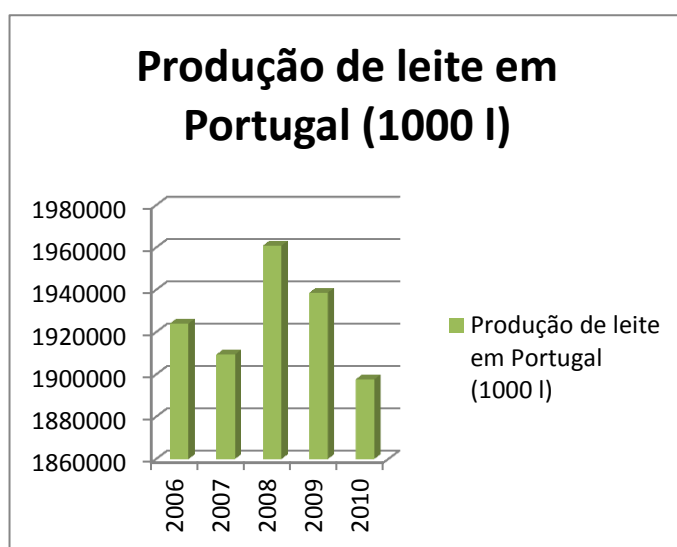
	Efectivo de Vacas Leiteiras (1000 cabeças)		Produção de Leite de Vaca (1000 toneladas)		Rendimento por Vaca (kg/cabeças/ano)	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005
<b>Alemanha</b>	4 287	4 164	28 245	28 500	6 550	6 745
<b>Áustria</b>	541	540	3 137	3 130	5 632	5 791
<b>Bélgica</b>	571	548	3 141	3 026	5 496	5 408
<b>Chipre</b>	25	26	145	135	5 620	5 284
<b>Dinamarca</b>	569	558	4 568	4 586	7 889	8 138
<b>Eslováquia</b>	202	199	1 231	1 268	5 914	6 337
<b>Eslovénia</b>	134	120	815	866	6 154	6 810
<b>Espanha</b>	1 048	1 045	6 635	6 600	6 158	6 307
<b>Estónia</b>	115	113	652	670	5 631	5 881
<b>Finlândia</b>	318	313	2 449	2 433	7 583	7 713
<b>França</b>	3 948	3 820	24 304	24 700	6 107	6 359
<b>Grécia</b>	157	152	770	770	5 033	4 984
<b>Hungria</b>	304	285	1 895	1 888	6 171	6 412
<b>Irlanda</b>	1 122	1 101	5 737	5 163	4 759	4 644
<b>Itália</b>	1 838	1 842	10 728	10 768	5 720	5 852
<b>Letónia</b>	186	185	784	807	4 209	4 345
<b>Lituânia</b>	444	448	1 842	1 896	4 130	4 251
<b>Luxemburgo</b>	40	40	269	269	6 677	6 810
<b>Malta</b>	8	8	43	42	5 512	5 362
<b>Países-Baixos</b>	1 471	1 460	10 905	10 970	7 396	7 485
<b>Polónia</b>	2 777	2 650	11 478	11 905	4 071	4 387
<b>Portugal</b>	338	324	2 010	2 052	6 036	6 287
<b>Reino Unido</b>	2 152	2 076	14 636	14 527	6 715	6 872
<b>República Checa</b>	433	438	2 673	2 813	5 947	6 459
<b>Suécia</b>	401	391	3 275	3 206	8 137	8 096
<b>EU 25</b>	23 428	22 846	142 001	142 990	5 995	6 181
<b>Fonte: I.N.E.; Comissão europeia</b>						

No que diz respeito aos efectivos de vacas leiteiras, houve uma notória tendência para a diminuição dos mesmos, o que não se mostrou uma excepção em Portugal, que passou de um efectivo leiteiro nacional de 338 000 cabeças para 324 000 cabeças. Esta tendência só foi invertida numa minoria de países como a Itália, Lituânia e República Checa. Países como Luxemburgo e Malta mantiveram os seus efectivos (Quadro 1).

**Quadro 2:** Evolução da produção de leite em Portugal (Fonte: Anuário Pecuário 2006-07).

Anos	Leite de Vaca (1000 toneladas)
1998	1 850
1999	2 040
2000	2 060
2001	1 982
2002	2 103
2003	1 952
2004	2 010
2005	2 052
<b>Fonte: I.N.E. (2005 – Dados Provisórios)</b>	

Uma análise mais actual da produção leiteira em Portugal é aquela representada na figura 3.



**Figura 3:** Evolução da produção de leite em Portugal de 2006 a 2010 (Fonte: I.N.E. – Estatísticas Agrícolas de 2007 a 2010). Nota: Os dados respeitantes a 2010 são de carácter provisório.

Podemos verificar que a produção não mostra uma tendência tão uniforme como anteriormente; no entanto a produção mantém-se em níveis elevados.

No cômputo geral, deparamo-nos com a ideia de que temos menos animais a produzirem mais. Para se alcançar este tipo de relação os produtores começaram a preocupar-se com questões relacionadas com o melhoramento genético e a selecção dos animais, e com questões nutricionais e do manejo geral da exploração, que no final resultaram na criação da necessidade de níveis crescentes de ingestão de energia na dieta por parte dos animais (Heinrichs et al., 1999). Aquando da prática do manejo mais tradicional, em que os elementos do alimento único eram distribuídos separadamente, não era fácil responder a estas necessidades nutricionais, pois a forma mais acessível de aumentar o nível energético da dieta seria aumentar a quantidade de concentrado. Estando perante esta realidade os produtores passaram a distribuir o regime alimentar sob a forma de alimento único (todos os ingredientes misturados e distribuídos como um só – TMR – Total mixed rations), pois desta forma havia a possibilidade de aumentar a quantidade de concentrado distribuída. Assim, também o feno distribuído foi substituído por silagens, muito mais ricas em energia, mas que trariam outras implicações a vários níveis, descritas mais à frente.

## **2. A importância do controlo da granulometria do regime alimentar das vacas leiteiras**

Com esta alteração das prioridades em relação às necessidades nutricionais das vacas leiteiras, nomeadamente o aumento da produção e por conseguinte das necessidades energéticas dos animais, os produtores descuraram de aspectos muito importantes como o adequado fornecimento de fibra, tanto em quantidade como em qualidade. Ao passarem a fornecer dietas sob a forma de TMR, deixaram de se verificar problemas ao nível energético, mas passaram a surgir outros tipos de problemas metabólicos.

Um dos aspectos directamente relacionado com a qualidade de fibra que é distribuída aos animais é o tamanho da partícula. A preocupação com o tamanho da partícula deve começar com a operação de corte da forragem. Como veremos mais à frente, a distribuição do tamanho da partícula na alimentação das vacas leiteiras é muito importante, e por isso é necessário entender de que forma o manipular da cultura desde a colheita até a ensilagem afecta o mesmo (Heinrichs et al., 1999). Para tentar descobrir forma de influenciar o tamanho da partícula final na altura do corte, foi abordada a hipótese de existir um tamanho de corte teórico (theoretical length of cut – TLC). No entanto, as linhas orientadoras para o TLC na colheita são pouco definidas, e o tamanho resultante do corte pode variar devido a factores que não as regulações das máquinas, sendo eles o teor de humidade da cultura, a espessura da forragem, ou seja, a produtividade da cultura assim como outros factores mecânicos (Savoi et al., 1989, cit in Heinrichs et al., 1999), que podem

fazer com que as regulações prévias que fazemos na maquinaria não resultem exactamente no tamanho de corte pretendido. Pitt (1987) reportou porém que a relação entre o tamanho da partícula depois da colheita e o TLC varia com o tamanho médio inicial da forragem. Para forragens de pequeno porte, o tamanho médio do corte final excede em muito o TLC; o comprimento médio de corte final é quase igual ao TLC quando o corte corresponde a 0,7 vezes a média do tamanho inicial da forragem. A variabilidade no tamanho da partícula da forragem depois de cortada aumenta ligeiramente com a variabilidade no tamanho inicial da forragem e diminui com o aumento de fragmentos de folhas do material da planta inicial (Heinrichs et al., 1999). As diferenças no *design* da maquinaria de colheita das forragens, a manutenção, operação e as características das pastagens forrageiras tornam impraticável a recomendação de um tamanho de corte teórico (TLC) *standard* (Kononoff e Heinrichs, 2007), sendo um ponto favorável, pois permite reduzir o tamanho da partícula até valores desejáveis, o que não acontecia se a forragem já estivesse cortada em tamanhos muito pequenos.

Outro factor que está directamente relacionado com o tamanho da partícula dos alimentos é o tipo de corte praticado, por sua vez dependente do tipo de silo que é utilizado. Comparativamente aos silos horizontais, os silos verticais geralmente requerem forragens mais finas/pequenas para facilitar o transporte pneumático e para permitir uma melhor compactação do material por forma a expulsar o ar nele contido (Heinrichs et al., 1999). Os silos horizontais passaram a permitir o uso de forragens cortadas de forma mais longa e com maior teor de humidade do que as forragens usadas convencionalmente nos silos verticais (Savoi et al., 1989, cit in Heinrichs et al., 1999).



**Figura 4:** Exemplo de um silo vertical (Fonte: Revista Grater).



**Figura 5:** Exemplo de um silo horizontal (Fotografia original do autor).

É normalmente aceite que as silagens cortadas de forma mais fina requerem mais energia na colheita do que material cortado grosseiramente (Evans et al., 1973, cit in Heinrichs et al., 1999). Contudo, a verdadeira poupança de energia é influenciada pela velocidade de operação dos equipamentos, a produtividade da cultura e o teor de humidade da mesma (Savoi et al., 1989, cit in Heinrichs et al., 1999), pois são factores que levam à maior ou menor facilidade de corte.

Os equipamentos de mistura e distribuição das TMR podem reduzir o tamanho da partícula dos alimentos e das forragens, sendo necessário que entrem em linha de conta aquando da avaliação granulométrica da dieta (Heinrichs et al., 1999). A redução mecânica do tamanho da partícula durante o processo de mistura é um problema comum em muitas explorações. A mistura em excesso, a ordem de mistura dos ingredientes inapropriada ou a incompatibilidade entre os ingredientes e a unidade de mistura podem contribuir para problemas metabólicos e nutricionais (Saun e Heinrichs, 2008). “Os misturadores das TMR podem ser catalogados como horizontais ou verticais, sendo que dentro de cada género existem vários modelos” (com um ou mais sem-fim, etc.). “Numa avaliação dos equipamentos de mistura verticais e horizontais, poucas foram as diferenças observadas entre os dois (Rippel et al., 1998, cit in Kononoff e Heinrichs, 2007), o que sugere que a redução do tamanho da partícula não é influenciada pelo tipo de misturador, mas pelo processo de mistura em si. Uma adequada mistura de ingredientes requer vias livres para a recirculação durante o processo, sem a existência de “pontos mortos”. Apesar de a maioria dos misturadores serem desenhados com tal necessidade em mente, alguns modelos são contidos na sua capacidade, o que pode limitar o grau de fluidez que é necessário para uma adequada mistura dos alimentos” (Buckmaster, 1998, cit in Kononoff e Heinrichs, 2007).

Há uma variedade de formas pelas quais se pode reduzir o tamanho da partícula. A redução pode ser atribuída ao processo de corte no campo, aos descarregadores e ventiladores dos silos em torre, ao descarregar dos silos em geral, à mistura das TMR e finalmente aos sistemas de distribuição dos alimentos. Apesar de se poderem limitar estas reduções pelo maneio da exploração e pelo maneio alimentar, todos estes processos causam algum grau de redução do tamanho das partículas dos alimentos (Heinrichs et al., 1999). No entanto é de maior importância referir que a redução verificada no tamanho da partícula não deve ser maior do que aquela que é necessária para os correctos processos de compactação na ensilagem e mistura dos componentes das TMR. Todo e qualquer processo além dos supra referidos que impliquem a movimentação da silagem vão reduzir em demasia o tamanho da partícula.

### 3. A análise granulométrica

Como já foi descrito, são muitos os processos que podem alterar a granulometria dos alimentos, e muitos deles são necessários, como a ensilagem dos alimentos, a mistura e a distribuição dos mesmos, pelo que é impossível a sua eliminação do sistema. Assim, é certo que estas reduções do tamanho da partícula vão ocorrer numa exploração.

“As vacas normalmente consomem partículas de tamanhos muito diferentes. Este facto, juntamente com a frequência de alimentação e a quantidade de alimento ingerida pode permitir uma taxa mais constante de digestão no rúmen e da passagem da digesta ao longo deste” (Heinrichs et al., 1999). “A média do tamanho da partícula e a variação do mesmo são nutricionalmente importantes para a vaca (Van Soest, 1982, cit in Heinrichs et al., 1999), como se poderá observar mais à frente”. Para garantir um bom manejo nutricional é importante fazer uma descrição da distribuição total do tamanho da partícula, e não só da sua média (Mertens et al., 1984, cit in Heinrichs et al., 1999).

Foram feitos vários estudos em relação à distribuição do tamanho da partícula em alimentação distribuída como TMR, que de uma forma geral fornecem informações que permitem formar um conhecimento mais rico dos efeitos causados pela alteração deste aspecto, e que pode também ser usado na formulação de rações e nas recomendações das operações de campo (Kononoff e Heinrichs, 2007).

“Em suma, é sabido que os processos implícitos às operações de corte e distribuição dos alimentos fazem variar o tamanho da partícula. Principalmente nas TMR, os processos de mistura e distribuição do alimento causam grandes reduções do tamanho da partícula. Assim, devem fazer-se amostragens e análises a este parâmetro das TMR depois do processo de mistura para determinar a extensão da redução de partículas longas, que resulta dos sistemas de alimentação que se praticam actualmente nas explorações” (Heinrichs et al., 1999).

O principal objectivo na análise do tamanho da partícula da ração é medir a distribuição do mesmo nos alimentos que as vacas consomem, após os processos de mistura e distribuição (Lammers et al., 1996a, cit in Heinrichs et al., 1999).

Para determinar quantitativamente a distribuição do tamanho da partícula estão descritos dois métodos. O primeiro e mais antigo é o método estabelecido pela Sociedade Americana de Engenheiros Agrícolas (ASAE – American Society of Agricultural Engineers’). É um método de análise do tamanho de partícula que é levado a cabo através de um dispositivo laboratorial grande e imóvel, equipado com cinco peneiros com diferentes tamanhos de poro e um tabuleiro de fundo, para separar partículas em seis fracções, de acordo com a ASAE (1993) (Heinrichs et al., 1999). Este método da ASAE é um

procedimento laboratorial incómodo, impraticável em explorações (Heinrichs e Kononoff, 2004).

Para simular o método laboratorial complexo da ASAE através de um método mais simples, que pudesse ser levado a cabo nas explorações, foi criado o Separador de Partículas do Estado da Pensilvânia (PSPS – Penn State Particle Separator) (Heinrichs e Kononoff, 2004). “Este método simplificado (Lammers et al., 1996a, cit in Heinrichs e Kononoff, 2004) era composto por dois peneiros e um tabuleiro de fundo, sem orifícios. Este separador de partículas, o original, introduzido em 1996 provou ser de grande valor na medição do tamanho de partícula dos alimentos. Contudo, numa pesquisa de 831 amostras recolhidas de TMR em explorações comerciais, constatou-se que uma média de 58% da matéria passou por ambos os peneiros (com tamanho do poro estipulado em 19,05 mm e 7,87 mm) (Heinrichs e Kononoff, 2004). Ficou então definido que para caracterizar melhor estas partículas de alimento mais pequenas era necessário implementar uma forma de as medir com mais detalhe. Como tal, seria útil ter mais um peneiro, desenhado para reter partículas com menos de 7,87 mm. Como resultado desta observação, foi adicionado um peneiro ao dispositivo separador. Foi escolhido um tamanho de poro de 1,27 mm, pois as partículas de alimento inferiores a este tamanho são rapidamente digeridas no rúmen, ou passam rapidamente por ele” (Heinrichs e Kononoff, 2004). Estes tamanhos de poro foram assim estipulados pois as partículas maiores, retidas no primeiro peneiro (19,05 mm) são aquelas que fomentam a salivação e o processo de ruminação, mas quando em excesso na alimentação podem reduzir a ingestão de alimento. Por sua vez se as partículas mais pequenas estiverem em excesso podem prejudicar o processo de ruminação, mas são aquelas que permitem maior ingestão por parte dos animais.

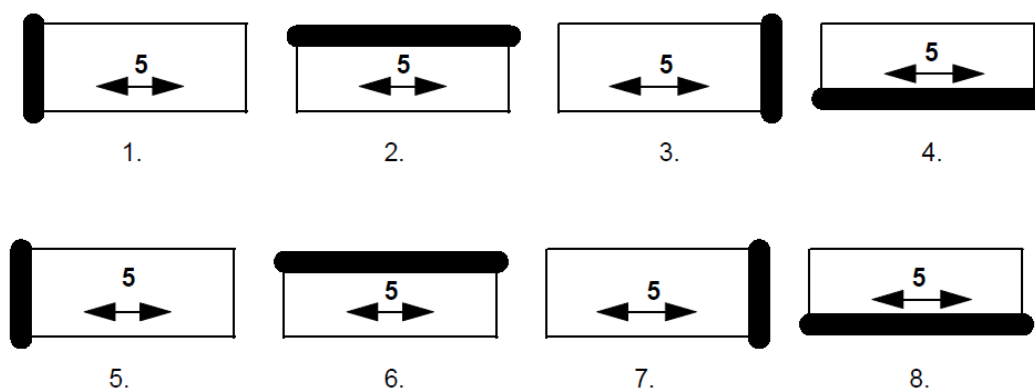
O actual PSPS é então composto por quatro caixas de plástico, três das quais semelhantes a peneiros (caixas perfuradas), que se colocam em sequência na vertical, sendo que a ordem pela qual devem ser colocadas é: o peneiro com maior diâmetro de poro (peneiro superior) em cima, seguido do peneiro com poro de diâmetro médio (peneiro do meio), depois o peneiro com o menor tamanho de poro (peneiro inferior) e no fundo um tabuleiro sólido, sem orifícios (Heinrichs e Kononoff, 2004). Este é o método mais utilizado hoje em dia, por ser o mais simples e que tem maior grau de exequibilidade na exploração.

O processo de separação de partículas pelo PSPS deve ser realizado da seguinte forma: os peneiros devem ser colocados pela ordem acima referida; depois devem ser colocadas aproximadamente 3 medidas (qualquer medida, desde que seja homogénea para todas as análises) no peneiro superior; numa superfície plana abana-se o dispositivo numa direcção cinco vezes, rodando depois a caixa separadora um quarto de volta (não devem existir movimentos verticais enquanto se está a agitar o dispositivo); repete-se o processo



anterior sete vezes, num total de oito séries ou quarenta vezes a agitar, rodando o separador após cinco vezes a agitar (Heinrichs e Kononoff, 2004) (ver figura 6).

A força e frequência ao agitar deve ser suficiente para fazer deslizar as partículas ao longo da superfície do peneiro, permitindo que aquelas que forem inferiores ao tamanho do poro passem pelo mesmo. A frequência recomendada ao agitar é de pelo menos 1,1 Hz (aproximadamente agitar 1,1 vezes por segundo), num percurso de 17 cm. Para melhores resultados, deve-se calibrar a frequência do movimento no tal percurso de 17 cm para um número de vezes concreto. O número de movimentos total dividido pelo tempo em segundos resulta num valor de frequência que pode ser comparado com o valor de 1,1 Hz recomendado (Heinrichs e Kononoff, 2004). Depois de completo o processo de agitar, pesa-se o material em cada peneiro e no tabuleiro do fundo, comparando os resultados com os valores recomendados.



**Figura 6:** Esquematização do processo de separação de partículas através do PSPS  
(Fonte: Heinrichs e Kononoff, 2004).

#### 4. Consequências da granulometria no metabolismo dos animais

Foi até aqui referida a importância do controlo da distribuição do tamanho da partícula, da sua análise e monitorização. Essa importância está relacionada com aspectos práticos não só do manejo nutricional dos animais como também com a saúde destes.

Já foi mencionado que os produtores viram-se na obrigação de proceder a alterações no tipo de alimentação que praticavam nas suas explorações. As forragens *per si* não conseguem fornecer a energia na dieta adequada para vacas altas produtoras, o que levou à formulação de dietas com um teor relativamente alto em concentrados (Smith e Pritchard, 1983, cit in Heinrichs et al., 1999). Estas dietas densas em nutrientes devem no entanto ser equilibradas para uma variedade de componentes, incluindo algumas fracções de fibra (NRC, 1989, cit in Heinrichs et al., 1999). Apesar de não existirem requisitos específicos para o comprimento da fibra destinada a vacas lactantes, nalgumas explorações comerciais

existe um manejo específico para a manutenção da fibra da dieta mais longa (Heinrichs et al., 1999).

A implicação directa da ingestão de alimentos com dimensão de partícula não aconselhada é a ingestão de tipos e níveis de fibra incorrectos. Quando os níveis mínimos de fibra não são atingidos as vacas podem mostrar um ou mais problemas metabólicos tais como a redução da digestibilidade total da matéria seca, a redução da percentagem de gordura no leite, a deslocação do abomaso e um aumento da incidência de paraqueratose ruminal, laminites, acidoses e síndrome das vacas gordas (Sudweeks et al., 1981, cit in Heinrichs et al., 1999). Apesar de ser fácil medir a percentagem de gordura no leite, alimentos com baixos teores de fibra podem afectar negativamente a saúde do animal sem que no entanto se note uma acentuada depressão no teor de gordura do leite (Mertens, 1997, cit in Zebeli et al., 2006). O pH ruminal é um melhor indicador da saúde e funcionamento óptimo do rúmen, e uma melhor base para determinar as necessidades em fibra das vacas leiteiras do que propriamente a manutenção da percentagem de gordura no leite (Allen, 1997; Mertens, 1997, cit in Zebeli et al., 2006). A depressão do pH ruminal relativo à redução da fibra física efectiva da dieta provavelmente contribui para a redução da digestibilidade da fibra, apoiando a hipótese de que o pH ruminal influencia a actividade celulolítica. A actividade celulolítica dos microrganismos do rúmen incide sobre a digestão da parede celular das células vegetais, compostas por celulose, hemicelulose e lenhina. Ao diminuir o pH, a digestão da parede celular diminui (diminui a digestibilidade da fibra), sugerindo que o pH normal do rúmen, e não quando se verifica a depressão do mesmo, promove a actividade celulolítica. No entanto, em comparação com vacas alimentadas com partículas de diferentes tamanhos, quando o tamanho da partícula é muito longo, os animais tendem a escolher a ração, e em última análise a dieta que consomem é muito distinta daquela que foi inicialmente formulada (Heinrichs e Kononoff, 2004). Estes problemas podem ser mais pronunciados se os parques estiverem sobrelotados ou se as vacas primíparas estiverem juntas a animais mais velhos. Nesta situação, os animais mais agressivos/dominantes podem consumir preferencialmente grãos ou outros ingredientes mais palatáveis, rapidamente fermentáveis, deixando os alimentos com teores de fibra mais elevados e com menor digestibilidade para os restantes animais (Heinrichs e Kononoff, 2004). Uma forma de diminuir a escolha de alimentos por parte dos animais é molhar a ração enquanto se está a desenvolver o processo de mistura. As rações molhadas ajudam os vários alimentos a ficarem agrupados/unidos, o que dificulta a escolha por parte dos animais (Stone, 2004).

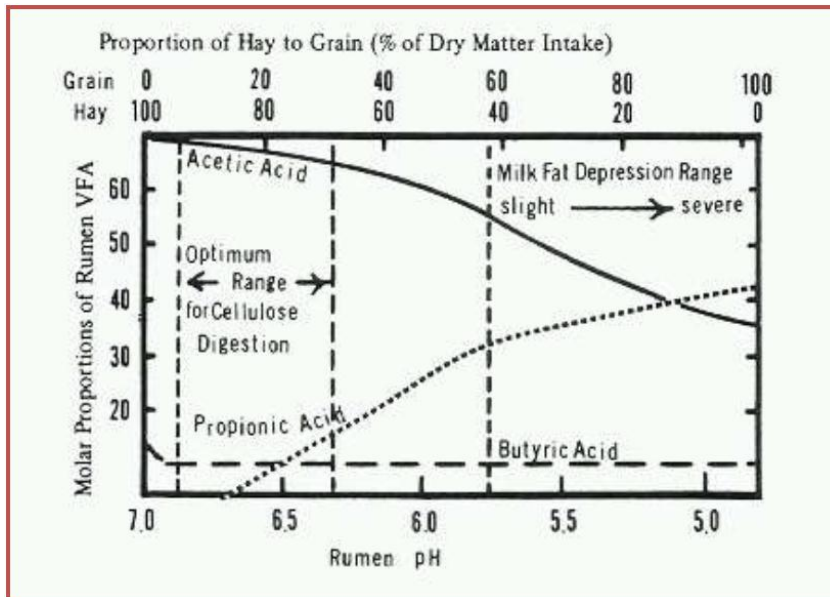
Os efeitos da alimentação com forragens de dimensão de partícula extremamente reduzida na fermentação e funcionamento do rúmen foram notados há muito tempo (Cole e Mead, 1943, cit in Kononoff e Heinrichs, 2007).

O tamanho de partícula reduzido diminui o tempo que o animal passa a mastigar e provoca uma tendência para a diminuição do pH ruminal (Woodford e Murphy, 1988, cit in Heinrichs et al., 1999). À medida que diminui o tamanho da partícula, as vacas passam menos tempo a mastigar e portanto produzem menor volume de saliva, que iria actuar como tampão no rúmen (Grant et al, 1990a,b, cit in Heinrichs et al., 1999).

Como forma de juntar as características químicas e o tamanho da partícula das forragens e de as quantificar pelo seu valor na fermentação ruminal, foi criado o conceito de fibra física efectiva (Mertens, 2000, cit in Zebeli et al., 2006). As dietas ricas em concentrado para vacas de alta produção devem conter fibra física efectiva suficiente (ou seja fibra que estimula a ruminação, produção de saliva e o poder tampão do rúmen) para prevenir as acidoses ruminais subagudas (SARA) e outros problemas metabólicos (Zebeli et al., 2006). No entanto, o NRC (2001) não fornece valores referência para a fibra física efectiva devido à escassez de métodos standard que sejam validados para a medição de requisitos da mesma (Zebeli et al., 2006). A SARA é caracterizada pelo facto de o pH ruminal atingir repetidamente valores entre 5,2 e 5,6, normalmente como resultado de uma rápida ingestão de carboidratos rapidamente fermentáveis, o que leva a um aumento de ácidos orgânicos no rúmen (Owens et al., 1998, cit in Rustomo et al., 2006). O período de tempo por dia em que o pH ruminal se situa abaixo de 5,6 (Keunen et al., 2002) ou de 5,8 (Krause et al., 2002b; Krause e Combs, 2003) é uma determinante mais importante na acidose ruminal do que a média do pH ruminal diário, sendo também factor de caracterização da severidade da acidose ruminal subaguda (Rustomo et al., 2006).

O tamanho de partícula insuficiente pode também reduzir a proporção acetato/propionato no rúmen, que está muito associada com a percentagem de gordura no leite (Santini et al., 1983; Woodford et al., 1986; Grant et al., 1990a; Shaver, 1990, cit in Heinrichs et al., 1999). Quando o pH ruminal desce abaixo de 6,0, o crescimento de muitos microrganismos do rúmen que digerem a fibra é inibido, o que permite um aumento de microrganismos produtores de propionato e um decréscimo da proporção acetato/propionato (Grant et al., 1990a, cit in Heinrichs et al., 1999). Este fenómeno leva à ocorrência do Síndrome da depressão de gordura do leite ou “Síndrome do leite Magro”. Existem várias teorias explicativas deste síndrome: a falta de substrato (acetato) para a síntese de novo por alteração do padrão de fermentação; hiperinsulinémia secundária devido ao excesso de produção de propionato no rúmen; padrão de intermediários da bio - hidrogenação (Bessa, 2009). Relativamente à primeira teoria mencionada, o que acontece é que à medida que se

reduz a quantidade de forragem e se aumenta a quantidade de grãos/concentrado (em percentagem da matéria seca), deixa de se verificar um óptimo na actividade celulolítica (pH entre 6,9 e 6,3) devido à descida de pH. Quando se atingem valores de pH de 5,7, altera-se o padrão dos ácidos gordos voláteis, começando a ocorrer a depressão do conteúdo de matéria gorda no leite, que evolui de ligeira a severa, à medida que o pH desce e que se verifica a dita alteração no padrão de ácidos gordos voláteis (figura 7).



**Figura 7:** Relação entre a proporção de ácidos gordos voláteis no rúmen e o teor de matéria gorda do leite (Fonte: Bessa, 2009).

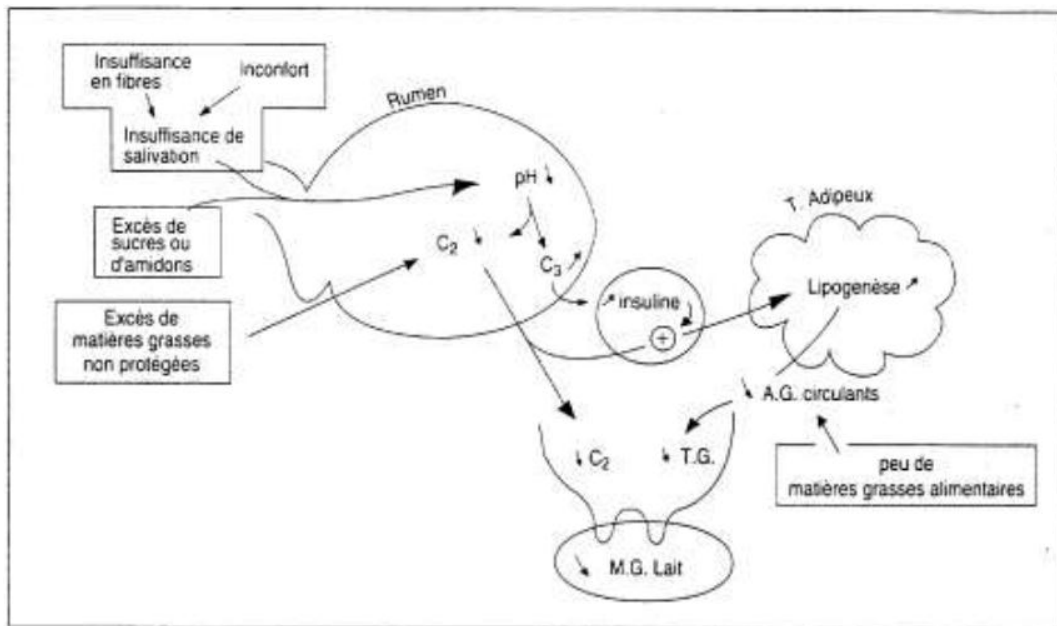
No entanto dados experimentais mostram que a quantidade de propionato sobe mas a quantidade de acetato não é reduzida de forma significativa (figura 8). Assim sendo esta teoria foi colocada de parte.

**Quadro 3:** Perfil de ácidos gordos voláteis no rúmen e depressão da gordura no leite em vacas alimentadas com baixo teor de fibra (LF), com alto teor em grãos e baixo teor de forragem (Adaptado de Bauman e Griinari, 2006, cit in Bessa, 2009).

		Dieta	
Variável		Controlo	LF
Leite	Rendimento (kg/dia)	19,1	20,9
	Conteúdo em gordura (%)	3,6	1,7
	Rendimento em gordura (g/dia)	683	363
Ácidos gordos voláteis do rúmen (percentagem molar)	Acetato	67	46
	Propionato	21	46
	Butirato	11	9
	Proporção acetato/propionato	3,2	1,0
Produção no rúmen (moles/dia)	Acetato	29,4	28,1
	Propionato	13,3	31,0
Taxa global de entrada no corpo (mg/min.kg <sup>75</sup> )	β-hidroxibutirato	3,4	4,43

A substituir a primeira teoria elaborou-se uma segunda, desta vez relacionada com o teor de insulina. Esta teoria é baseada no facto de o propionato subir e o acetato não descer. O propionato é o propulsor da síntese da glucose. Se o seu teor aumenta, a produção de glucose no sangue aumenta e por conseguinte o teor de insulina aumenta também.

A insulina tem propriedades de redistribuição dos nutrientes. Como tal envia a glucose para o tecido adiposo e não para a glândula mamária, não havendo então gordura suficiente para elevar o teor butiroso do leite (figura 8). No entanto existe um problema: não é fácil manipular o teor de glicémia sem manipular o teor de insulina, o que torna um procedimento experimental difícil. Foi então aplicada outra técnica: compararam-se vacas com níveis de insulina alto e baixo, mas todas com o mesmo teor de glucose. Verificou-se que o efeito da insulina existe, mas não com a magnitude de deprimir a gordura no leite, e portanto não é totalmente explicativa do fenómeno (Quadro 4).



**Figura 8:** Esquema exemplificativo do processo que leva à redução da matéria gorda no leite pela teoria da hiperinsulinemia (Fonte: Bessa, 2009).

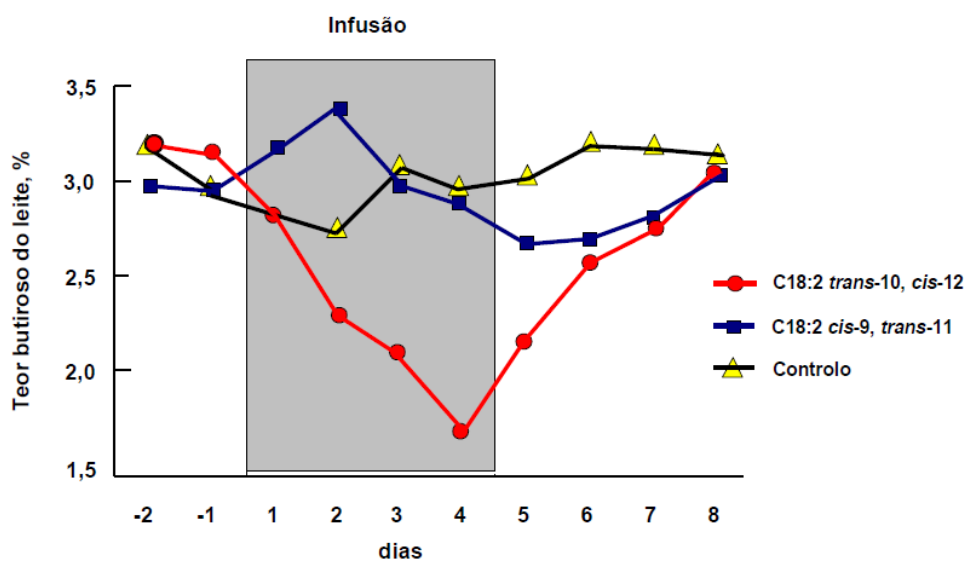
**Quadro 4:** Efeitos de dietas com aumento de insulina e manutenção do teor de glucose em vários parâmetros da produção leiteira (Adaptado de Bessa, 2009).

Variável	Estudo no início da lactação		Estudo no meio da lactação	
	Controlo	Aumento de insulina	Controlo	Aumento de insulina
<b>Rendimento leiteiro (kg/dia)</b>	19.7	19.1	27.5	28.8
<b>Gordura no leite</b>				
<b>Percentagem</b>	4.93	3.31*	3.54	3.15*
<b>Rendimento (g/dia)</b>	980	637*	956	893
<b>Ácidos gordos do leite (g/dia)</b>				
<C16	113	121	283	286
C16	209	161*	253	281
>C16	550	285*	315	228*
<b>Plasma</b>				
<b>Glucose</b>	39.2	40.0	49.4	48.0
<b>Ácidos gordos não esterificados</b>	1021	330*	113	79*

A depressão é mais acentuada nos ácidos gordos de cadeia longa (C16), que a vaca mobiliza nos tecidos, que é mais notório na fase inicial da lactação, sendo que o papel da insulina faz com que essa mobilização seja bloqueada: o teor de gordura no leite desce devido à falta de mobilização nos tecidos. Como tal, a insulina demonstra alguma importância mas não explica a totalidade dos factos. Previne a mobilização dos tecidos mas só se evidencia no início da lactação.

Chegamos então à terceira teoria, desta vez relacionada com a bio - hidrogenação. A descida do pH ruminal resulta muitas vezes em mudanças na população bacteriana e consequentemente altera o padrão dos produtos finais da fermentação (Van Soest, 1994, cit in Bauman et al., 1999). Leat et al. (1977) deram evidências mostrando que as mudanças na população bacteriana estão relacionadas com modificações nas vias da bio - hidrogenação consistentes com o perfil alterado do ácido *trans* – octadecenoico encontrado na digesta ruminal e nos lípidos do tecido. Para além disso, Griinari et al. (1988) demonstraram que um ambiente ruminal alterado induzido pelas dietas com alto teor de concentrado e baixo teor de fibra está associado com a mudança no perfil do ácido *trans* – octadecenoico na gordura do leite. Durante esta situação, o ácido *trans* – 10 octadecenoico substituiu o *trans* – 11 C<sub>18:1</sub> predominante na gordura do leite (Bauman et al., 1999). Foram propostas supostas vias para a produção do ácido *trans* – 10 octadecenoico (Griinari e Bauman, 1999, cit in Bauman et al., 1999), que envolvem uma isomerase *cis* – 9, *trans* – 10 específica nas bactérias do rúmen com a formação de estruturas *trans* – 10, *cis* – 12 de ligação dupla conjugada como primeiro intermediário (Bauman et al., 1999). São dadas mais evidências que apoiam uma isomerase bacteriana *cis* – 9, *trans* – 10 pela análise do facto de que as dietas com baixo teor de fibra aumentam a proporção do isómero CLA (Conjugated Linoleic Acid – ácido linoleico conjugado) *trans* – 10, *cis* – 12 na gordura do leite (Griinari et al., 1999, cit in Bauman et al., 1999). Também foi observado que o CLA *trans* – 10, *cis* – 12 é um dos três principais isómeros do CLA na digesta ruminal obtido a partir do fluxo contínuo de bactérias responsáveis pela fermentação (Fellner et al., 1997, cit in Bauman et al., 1999).

Foram realizadas três experiências em que era injectado CLA *trans* – 10, *cis* – 12 no abomaso de animais lactantes, e ao longo das três investigações essa injeção reduziu o rendimento em gordura do leite entre 25 a 50%, dependendo da dose de CLA (Baumgard et al., 2002) (figura 9). O mecanismo primário pelo qual o CLA *trans* – 10, *cis* – 12 reduz a síntese de gordura do leite é diminuindo a síntese de novo dos ácidos gordos (Baumgard et al., 2000b, 2002).



Baumgard et al. (2000)

**Figura 9:** Efeito dos isómeros de CLA no teor butírico do leite (Fonte: Bessa, 2009)

Esta teoria não está totalmente finalizada, mas crê-se que é através dela que se poderá explicar o Síndrome do Leite Magro. Como podemos verificar, a primeira teoria elaborada está ultrapassada, mas seria aquela em que o presente trabalho melhor se enquadraria. Contudo, podemos verificar que o aumento da quantidade de propionato existente no rúmen é prejudicial e desencadeia mecanismos lesivos à saúde dos animais, e portanto essa alteração também deve ser levada em conta.

Recordando o facto de a produção de propionato aumentar e a população microbiana do rúmen sofrer alterações que daí advêm, todos estes factores conduzem à alteração das proporções sólido/líquido/gasoso, e o abomaso, o compartimento do estômago dos ruminantes que se assemelha ao estômago monogástrico, sofre a maior consequência deste aumento da quantidade de gás, levando ao deslocamento do mesmo. O deslocamento do abomaso é outra consequência do aumento da quantidade de alimentos concentrados na dieta.

Por outro lado, o tamanho de partícula reduzido pode aumentar a ingestão de matéria seca, diminuir a digestibilidade e reduzir o tempo de retenção de sólidos no rúmen (Jaster e Murphy, 1983; Martz e Belyea, 1986; Uden, 1987, cit in Heinrichs et al., 1999). Tafaj et al. (1999, 2001) referiram que alimentar vacas leiteiras com feno de pequenas dimensões (2,9 mm) vs. um feno longo (28,7 mm) ou um feno picado (9,2 mm) comprometeu as condições do rúmen e reduziu a média de retenção total da digesta em 10



horas, que por sua vez levou a uma redução significativa da digestibilidade da fibra em cerca de 14% em vacas leiteiras (Zebeli et al., 2006).

As dietas constituídas por partículas de menor tamanho contêm partículas de alimentos que entram no rúmen já com um tamanho muito pequeno após a mastigação e deglutição iniciais, e que portanto deixam o rúmen a uma taxa muito mais rápida (Heinrichs et al., 1999). O resultado é um aumento da ingestão de matéria seca (Jaster e Murphy, 1983; Martz e Belyea, 1986, cit in Heinrichs et al., 1999). Os alimentos com estas características passam menos tempo no rúmen e estão menos disponíveis para a digestão microbiana, o que diminui a digestibilidade em particular da fibra devido ao seu ritmo de digestão lento (Uden, 1987, cit in Heinrichs et al., 1999). Além disso a eficiência da síntese proteica microbiana no rúmen é maior quando o tamanho da partícula diminui. Tal deve-se possivelmente ao aumento da passagem de sólidos pelo rúmen, que deriva do aumento de ingestão que se verifica; contudo existe uma redução no rendimento líquido da proteína microbiana ruminal (Rode et al., 1985; Uden et al., 1987, cit in Heinrichs et al., 1999). Não obstante, o peso específico, que está relacionado com a densidade e flutuabilidade das partículas, também desempenha um papel importante ao influenciar as taxas a que as partículas dos alimentos passam pelo do rúmen (Welch, 1990, cit in Heinrichs et al., 1999). Como a quantidade de fibra que pode ser digerida no intestino é limitada, Yang e Beauchemin (2005) concluíram que a influência da fibra física efectiva na digestibilidade é mais pronunciada para a fibra do que para o amido, com o qual a baixa digestão no rúmen pode ser compensada com uma elevada digestão no intestino (Zebeli et al., 2006).

As rações pobres em determinado tipo de fibra ou de reduzido tamanho de partícula diminuem a mastigação, a secreção salivar tampão, e em último caso diminuem o pH e a produção de acetato no rúmen e diminuem também a percentagem de gordura do leite (Kononoff e Heinrichs, 2007).

Deveria ser tomado em consideração o aumento da incorporação de maiores quantidades de forragens nas TMR e do tamanho de corte das mesmas como estratégia para reduzir os riscos de acidoses e outros problemas metabólicos nas vacas leiteiras. Contudo, em dietas pobres em forragens, o aumento da ingestão de fibra física efectiva resultante do aumento do tamanho da partícula da forragem é relativamente reduzido, não sendo assim suficiente para aliviar completamente as acidoses subagudas. (Yang e Beauchemin, 2007).

## **5. Consequências da granulometria na economia da exploração**

Além de todas as implicações que a granulometria tem ao nível da saúde animal, existem também implicações reais ao nível económico da exploração que não devem deixar de ser tomadas em conta.

Aquando do processamento dos alimentos, existe um gasto avultado de energia e tempo. Ao ser definido um processo que minimize a redução do tamanho da partícula, este vai certamente reduzir gastos implícitos ao corte da forragem e ao processo de mistura em explorações que utilizem TMR.

Por outro lado, quando os problemas metabólicos são exibidos pelas vacas (deslocamento do abomaso, acidoses, laminites, etc.), é necessária a intervenção de um veterinário. Ao garantir a ideal distribuição do tamanho da partícula, inevitavelmente estes problemas passam a ocorrer de forma mais esporádica, reduzindo assim os gastos ao nível da intervenção veterinária.

A adequada distribuição de fibra física efectiva vai permitir a manutenção do teor de gordura do leite, que por sua vez será mais valorizado, permitindo um melhor rendimento económico da exploração.

Por outro lado, o aumento da proporção de concentrado na dieta e o facto de a qualidade de fibra distribuída não ser adequada leva, como já foi referido no capítulo anterior, a um menor tempo de retenção do alimento, a um menor aproveitamento do mesmo, o que resulta no aumento da ingestão por parte das vacas. Tendo animais que consomem mais alimento do que aquele que na realidade necessitariam, se este tivesse adequado teor de fibra física efectiva, leva a maiores custos relativos à alimentação.

Em suma, prestando atenção a esta problemática, os produtores vão obter melhor rendimento por parte dos animais, ao mesmo tempo que diminuem custos e atenuam problemas ao nível da saúde dos animais, melhorando assim a economia da exploração.

## **6. A análise química**

Como já foi referido, as alterações ao nível da granulometria podem conduzir a problemas metabólicos e não só. A má distribuição do tamanho da partícula pode levar a que a composição química do alimento que os animais realmente consomem seja diferente da formulada, seja pelo tipo de fibra que é distribuído (mais ou menos digerível) ou pelo inadequado tamanho de partícula, podendo levar a que os animais escolham a ração.

A formulação existe porque os produtores pretendem responder o mais possível às necessidades nutricionais dos diferentes estados do ciclo produtivo em que se encontra um animal.

Perante as alterações que podem ocorrer, é importante monitorizar a composição química do produto final, para que nos possamos certificar que o animal ingere um alimento com composição nutricional semelhante àquela que foi formulada em teoria, de acordo com a altura do ciclo produtivo e/ou reprodutivo em que o animal se encontra. Assim sendo, para além da análise granulométrica, devem também ser analisados parâmetros como a matéria seca (que de resto nos permite estimar se o animal vai ingerir mais ou menos água, o que também é importante para a sua saúde), proteína, fibra, gordura, cinza, amido, NDF e ADF.

Através destas análises podemos aferir da verdadeira composição nutricional do alimento que o animal realmente ingere, e assim conseguir aproximá-la o mais possível daquilo que foi formulado de acordo com as necessidades nutricionais, em determinada fase do ciclo produtivo.

Existe uma forma bastante prática e funcional de verificar a composição química do alimento distribuído aos animais. A análise através do NIRS (Near Infrared Reflectance Spectroscopy) pode ser realizada de forma mais rápida do que os métodos tradicionais existentes para a análise dos componentes químicos do alimento, permitindo assim confirmar parâmetros tão importantes como aqueles que são medidos pela análise granulométrica. O maior exemplo é o teor de NDF. O teor de NDF deve ser avaliado, pois uma dieta que forneça uma adequada distribuição do tamanho da partícula, mas cujo teor de NDF fique aquém dos níveis mínimos recomendados (ver “Valores de referência”) pode levar aos mesmos problemas metabólicos já descritos para uma dieta com tamanho de partícula reduzido.

A análise química da composição do alimento das TMR após o processo de mistura deve ser realizada como complemento à análise granulométrica.

## **7. Valores de referência**

Para averiguar se o alimento que é efectivamente distribuído aos animais corresponde aos parâmetros pretendidos existem Quadros com valores de referência.

De acordo com o método de análise da granulometria do Penn State Particle Separator (PSPS) (ver “A análise granulométrica”), constituído por três peneiros com diâmetro de poro de 19 mm, 8 mm e 1 mm e um tabuleiro no fundo sem orifícios, as percentagens ideais de massa por peneiro são as descritas no Quadro 5.

**Quadro 5:** Quadro ilustrativa das percentagens óptimas por peneiro de três tipos de alimento (Adaptado de Heinrichs e Kononoff, 2004).

Peneiro	Tamanho do poro	Tamanho da partícula	Silagem de milho	Feno	TMR
<b>Peneiro superior</b>	19,05 mm (≈19 mm)	Maior que 19,05 mm	3 a 8%	10 a 20%	2 a 8%
<b>Peneiro do meio</b>	7,87 mm (≈8 mm)	De 7,87 mm a 19,05 mm	45 a 65%	45 a 75%	30 a 50%
<b>Peneiro inferior</b>	1,27 mm <sup>a</sup> (≈ 1mm)	De 1,78 mm a 7,87 mm	30 a 40%	20 a 30%	30 a 50%
<b>Tabuleiro do fundo</b>		Menor que 1,78 mm	Menos de 5%	Menos de 5%	20% ou menos
<sup>a</sup> Os poros são quadrados, portanto a maior abertura corresponde à diagonal, que tem 1,78 mm. É esta a razão pela qual as maiores partículas que conseguem passar pelo peneiro inferior são as de 1,78 mm de comprimento.					

Se estes valores forem concretizados, vamos ter uma distribuição próxima da ideal.

Está ainda descrito (Sauvant, 2000, cit in Bacha e Villamide, 2010) que a diminuição de 1 mm em partículas de 4 mm de diâmetro médio leva a uma redução do tempo de ruminação entre 100 a 500 min/dia, a uma diminuição do pH ruminal de 0,5 pontos e a uma diminuição de 0,02 pontos na gordura do leite. Por sua vez, essa mesma diminuição de 1 mm leva a um aumento de 12 pontos na degradabilidade do amido e da proteína, e a um aumento da probabilidade de se desenvolverem problemas de acidose e paraqueratose.

Por outro lado, a diminuição do tamanho da partícula traz vantagens e desvantagens. São elas as seguintes (Bacha e Villamide, 2010):

- Vantagens (redução do tamanho da partícula):
  - Maior superfície de contacto;
  - Aumento da fixação e ataque microbiano;
  - Maior ruptura das células vegetais;
  - Aceleração dos processos fermentativos.
- Desvantagens (relação entre pH e tamanho da partícula):
  - Não ocorre diminuição do pH com tamanho de partícula superior a 4 mm e com pH superior a 6,27;
  - Em ruminantes em exploração intensiva, o pH é mais baixo e a maioria das partículas são inferiores a 4 mm.

Está ainda referido que quando se avalia uma TMR, a proporção de material retido no peneiro superior, ou maior que 19,0 mm, é normalmente considerado. Isto porque a ingestão de matéria seca desta porção da dieta é conhecida como sendo positivamente correlacionada com a actividade de ruminação e foi demonstrado estar negativamente relacionada com a porção de tempo que o pH ruminal está abaixo de 5,8 (Kononoff e Heinrichs 2003a,b; Krause et al., 2002, cit in Kononoff e Heinrichs, 2007), o que se mostra positivo quando se pretende evitar acidoses e acidoses subagudas, deslocamento do abomaso e diminuição do teor butiroso do leite.

Outro parâmetro extremamente importante é a percentagem de NDF. Isto porque, como já foi referido, mesmo que uma dieta tenha uma adequada distribuição do tamanho da partícula, se o seu teor em NDF for insuficiente, pode haver predisposição por parte dos animais aos mesmos problemas metabólicos que numa dieta com tamanho de partícula inadequado. O teor de NDF (Neutral Detergent Fiber – Fibra Neutro-Detergente) de um alimento caracteriza a quantidade de material da parede celular (celulose, hemicelulose e lenhina) e é inversamente proporcional à ingestão de matéria seca. A maturidade da planta é directamente proporcional ao conteúdo em NDF. Alimentos ricos em NDF têm um menor potencial de ingestão, apesar de que o processamento dos mesmos (moagem) pode melhorar este potencial (Saun e Heinrichs, 2008).

O NRC (2001) recomenda um mínimo de 27% de NDF na dieta (Zebeli et al., 2006). No entanto existem níveis de ingestão total de NDF como percentagem da matéria seca recomendados, consoante o nível de produção dos animais (Quadro 6).

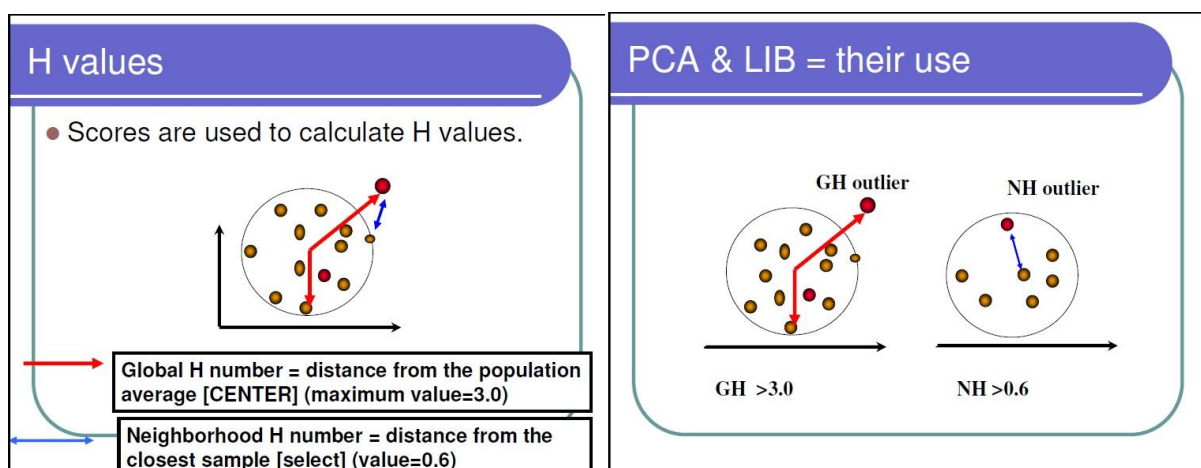
**Quadro 6:** Valores de NDF recomendados expressos em percentagem da matéria seca (Adaptado de Heinrichs e Kononoff, 2004).

Nível de produção de leite	Ingestão total de NDF	Ingestão de NDF na forragem
<b>Alta (mais de 36 kg)</b>	28 a 32%	21 a 27%
<b>Média (de 27 a 36 kg)</b>	33 a 37%	25 a 32%
<b>Baixa (menos de 27 kg)</b>	38 a 42%	29 a 36%

Assim verificamos que quanto maior é a produção leiteira, menor deve ser a ingestão total de NDF em percentagem da matéria seca e vice-versa.

Quanto aos parâmetros de Proteína Bruta, Fibra Bruta, Gordura Bruta, Amido, ADF, etc., devem seguir a formulação específica feita pelo produtor. Contudo podemos sempre averiguar de forma simples se estão de acordo com as necessidades gerais, através da

análise pelo NIRS. A análise pelo método do NIRS é feita com a amostra seca e moída. A acompanhar os resultados em percentagem da matéria seca estão também descritos dois valores: GH e NH. O GH (número H global) indica a distância à média da população (centro) e o NH (número H da vizinhança) representa a distância aos valores da amostra mais próxima. Os valores da média da população e vizinhança são determinados pela análise de um número elevado de amostras que servem para calibrar o aparelho. Aquando da análise da amostra em questão, podemos dizer que a mesma está dentro dos parâmetros se o valor de GH for no máximo de 3,0 e o valor de NH for igual ou inferior a 0,6 (Berzaghi, sem data) (figura 10).



**Figura 10:** Definição dos valores de GH e NH e ilustração de uma situação em que se aplicam os seus valores como factor de avaliação. (Fonte: Berzaghi, sem data).

O valor que mais serve para verificar se uma TMR está de acordo com os objectivos ou não é o valor de NH.

## Capítulo III – Materiais e Métodos

### 1. Caracterização de entidades

Este estudo foi realizado maioritariamente em dois espaços: numa exploração de vacas leiteiras e no laboratório de uma indústria de fabrico de alimento para animais.

#### 1.1. Caracterização da exploração

A exploração onde se realizou o controlo do processo de mistura e a recolha das amostras de alimento para análise é denominada “Casal de Quintanelas”. Pertence actualmente ao Sr. Alexandre Arriaga e Cunha, e sempre foi pertença da família. A exploração fica situada na freguesia de Pêro Pinheiro, no concelho de Sintra, distrito de Lisboa. Tem como principais objectivos a produção de leite e de vitelão para consumo. Possui agora um total de 521 animais, dos quais 237 vacas em produção, 30 vacas secas, 56 machos em engorda e o restante corresponde a novilhas que ainda não se encontram em produção.

Neste estudo não foram os animais em si o objecto de estudo, mas sim a alimentação que lhes foi distribuída. As análises foram efectuadas ao alimento distribuído nos parques 1, 4 e 5, pois como os animais destes parques se encontram todos na mesma fase do ciclo produtivo – início da lactação – e portanto (no geral) com as mesmas necessidades nutricionais, o alimento era preparado de uma só vez, e portanto com a mesma composição.

Os animais desta exploração são considerados entre médios a altos produtores, pois produzem em média entre 30 a 36 kg de leite por dia.

#### 1.2. Caracterização da empresa produtora de alimento para animais

Após a recolha das amostras na exploração, as mesmas foram analisadas no laboratório de uma empresa de alimentos para animais, a EUROCEREAL. Esta empresa iniciou a sua actividade em 1988, na área da nutrição animal, tendo uma forte origem na produção pecuária. Está sediada na Malveira (concelho de Mafra) e é dotada de instalações industriais e administrativas próprias. A EUROCEREAL actua na prestação de serviços nutricionais e venda de produtos correlacionados com o sector da alimentação animal, operando com grande incidência as espécies: suína e bovina (de carne e leite) e outras com um peso menos expressivo. A empresa dispõe de um portefólio de serviços integrado nos quais se destacam: a formulação, os serviços laboratoriais e de controlo de qualidade e a assistência técnica e de apoio à produção (<http://www.eurocereal.pt>).

## 2. Metodologia utilizada

### 2.1. Processo de mistura e recolha das amostras

Na exploração, foram usadas matérias-primas para elaborar a TMR. Essas matérias-primas foram a ração a uso na exploração, silagem de azevém, feno e água. Estas matérias eram colocadas com o auxílio de uma “Bob Cat” no misturador/distribuidor horizontal, com três sem-fim e com capacidade de 16m<sup>3</sup> (figuras 11 e 12), que pode atingir velocidades de no máximo 540 rpm.



**Figura 11:** Imagem do misturador horizontal utilizado na exploração Casal de Quintanelas (Fotografia original do autor).

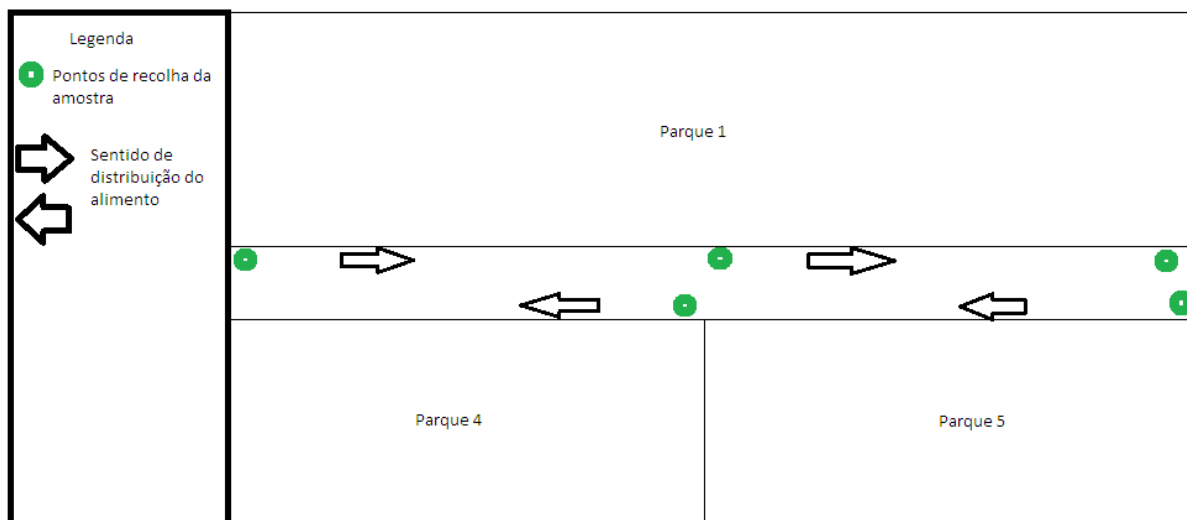


**Figura 12:** Imagem do interior do misturador, nomeadamente dos três sem-fim (Fotografia original do autor).

A mistura foi o ponto de análise fulcral deste estudo. Foram definidos três processos de mistura: o denominado “Controlo”, em que o processo foi tal e qual como estava a ser praticado na exploração, sem qualquer alteração, cuja ordem de entrada no misturador era em primeiro lugar a ração, depois o feno com início da mistura, depois a silagem e por fim a água; o “Processo A”, em que se alterou o início da mistura, ou seja, ao invés de se iniciar a mistura assim que se colocou o feno, iniciou-se aquando da colocação da silagem; o “Processo B”, em que foi alterada a ordem de entrada no misturador, que passou a ser em primeiro lugar a ração, depois a silagem com início da mistura, seguida do feno e por fim a água. Todos os tempos de mistura foram cronometrados. Os processos A e B foram estabelecidos desta forma pois o elemento que conseguia oferecer melhores níveis de fibra física efectiva era o feno. Como tal, era necessário definir processos em que o feno não quebrasse tanto durante o processo de mistura.



Após o processo de mistura passou-se à distribuição do alimento. À medida que o alimento estava a ser distribuído as amostras estavam a ser recolhidas imediatamente, para evitar que os animais escolhessem o alimento. Ao longo dos três parques foram definidos cinco pontos de recolha de amostras, para averiguar também da uniformidade do alimento distribuído (figura 13).



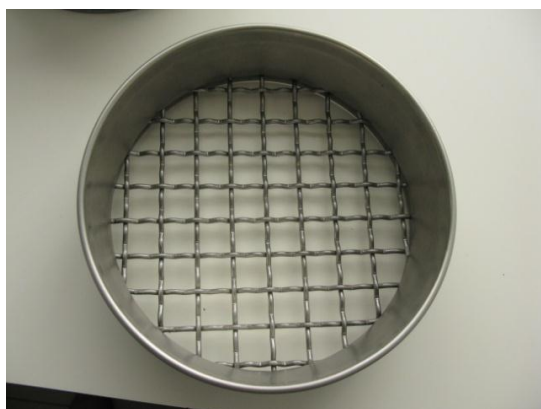
**Figura 13:** Esquema representativo dos locais de recolha das amostras e do sentido de distribuição do alimento.

As amostras foram recolhidas para sacos de plástico (do tipo usado para conservar alimentos em casa), quase cheios, apenas com espaço para dar um nó após extracção do ar e a fim de evitar o contacto com o mesmo. Após a recolha as amostras foram transportadas até ao laboratório, identificadas como “Amostra 1”, “Amostra 2”, “Amostra 3”, “Amostra 4” e “Amostra 5”, de acordo com a ordem pela qual tinham sido recolhidas. Para o “Controlo” foram recolhidas as cinco amostras durante cinco dias, e para o “Processo A” também; no “Processo B” foram feitas recolhas de apenas quatro dias, pois ao quinto dia a formulação passou a ser diferente, e portanto sem significado para o estudo em questão. Importa referir que a cada dia corresponde um tempo de mistura, que foi definido em função de se verificar se a TMR se encontrava bem misturada. O processo de mistura considerou-se concluído quando a mistura pareceu estar homogénea. Para a análise estatística da influência do tempo de mistura os dados foram agrupados em classes em função deste, para permitir comparação entre eles.

## 2.2. Análise da distribuição do tamanho de partícula

No laboratório as amostras foram analisadas pela mesma ordem que tinham sido recolhidas. O primeiro procedimento foi espalhar a amostra num tabuleiro a fim de homogeneizar a mesma. Seguidamente foram pesados os peneiros de metal de 19, 8, e 1 mm e o tabuleiro de fundo e os seus pesos foram anotados (figuras 14, 15, 16 e 17).

Importa referir que a fim de se uniformizar o processo de separação de partículas foi utilizado o processo PSPS mas ao invés de se agitar manualmente, foi utilizada uma plataforma vibratória eléctrica, programada a 60 rotações por minuto (rpm) durante 10 minutos (figura 18).



**Figura 14:** Peneiro de 19 mm de largura de poro (Fotografia original do autor).



**Figura 15:** Peneiro de 8 mm de largura de poro (Fotografia original do autor).



**Figura 16:** Peneiro de 1 mm de largura de poro (Fotografia original do autor).



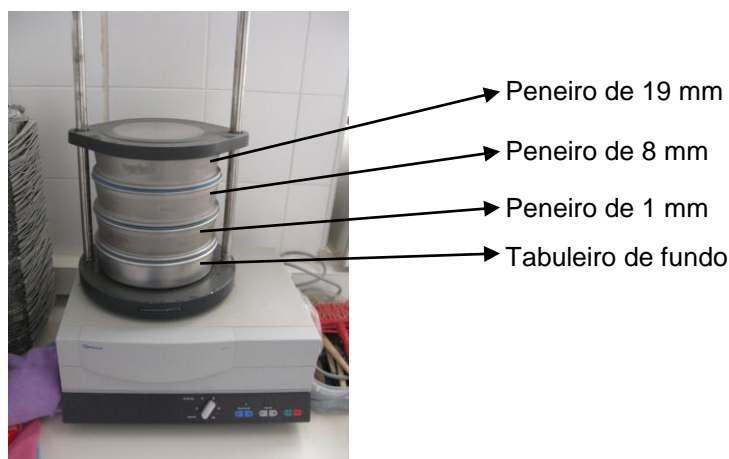
**Figura 17:** Tabuleiro de fundo, sem poros (Fotografia original do autor).

Após a pesagem dos peneiros e do tabuleiro do fundo estes foram colocados todos em torre, pela ordem da maior para a menor abertura de poro e no fundo o tabuleiro sólido, sem abertura (figura 19). Foram pesados e tarados. Posteriormente foi colocada uma quantidade de amostra no topo do dispositivo e pesada. A amostra colocada foi sempre de aproximadamente 100 g. O dispositivo de PSPS foi colocado na plataforma vibratória e procedeu-se à separação de partículas (figura 19). Após os 10 minutos os tabuleiros foram

pesados individualmente e o seu peso, juntamente com as partículas neles retidas, foi anotado. Posteriormente foi feita a diferença entre o peso do peneiro/tabuleiro do fundo com as partículas e o peso do peneiro/fundo sem as partículas e foi calculada a percentagem da amostra inicial que ficou retida em cada um desses compartimentos. Para facilitar a visualização dos dados, estes foram colocados em gráficos através de folhas de cálculo que se encontram elaboradas e disponíveis para utilização no site: <http://www.das.psu.edu/dcn/cattorg/particle> pelo download de “particle size.xls”. Estas folhas de cálculo contêm balizagens pelas quais podemos verificar se as nossas amostras se encontram dentro de valores recomendados. No final da pesagem todos os tabuleiros foram limpos e tarados novamente para análise da amostra seguinte, e assim sucessivamente. A análise da distribuição do tamanho de partícula foi feita em duplicado para cada amostra e calculada a sua média no final.



**Figura 18:** Parâmetros utilizados na separação de partículas (Fotografia original do autor).



**Figura 19:** Dispositivo separador de partículas montado (Fotografia original do autor).

### 2.3. Análise química

Aquando da homogeneização das amostras no tabuleiro, foram retiradas pequenas subamostras e colocadas em tabuleiros de alumínio (figura 20).



**Figura 20:** Subamostras colocadas em tabuleiros de alumínio para serem levadas à estufa (Fotografia original do autor).

Foi retirada uma subamostra por cada amostra. Estes tabuleiros de alumínio com as subamostras foram colocados na estufa a cerca de 70°C durante 48 horas (figura 21). No final das 48 horas as amostras foram retiradas da estufa e foram moídas num moinho. O crivo do moinho tinha aproximadamente 1 mm de poro (figuras 22 e 23). Após a moagem de cada amostra estas foram colocadas separadamente em copos com tampas para serem analisadas posteriormente.



**Figura 21:** Estufa utilizada para secar as subamostras durante 48 horas (Fotografia original do autor).



**Figura 22:** Crivo utilizado no moinho (Fotografia original do autor).

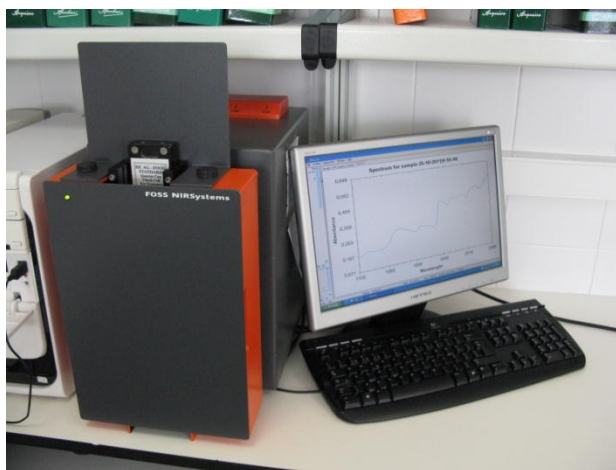


**Figura 23:** Moinho utilizado para moer as subamostras secas (Fotografia original do autor).

Para se proceder à análise química das amostras foi escolhido o método do NIRS (Near Infrared Reflectance Spectroscopy), por ser um método mais rápido e mais prático. As amostras que se encontravam dentro dos copos foram colocadas em pequenas células próprias e analisadas pelo NIRS (figuras 24 e 25). Os dados resultantes, em percentagem da matéria seca, foram referentes a Proteína, Fibra, Gordura Bruta, Cinza, Amido, NDF e ADF. Também aqui as análises foram feitas em duplicado para cada subamostra e as suas médias foram calculadas.



**Figura 24:** Célula utilizada para a análise pelo NIRS (Fotografia original do autor).



**Figura 25:** Sistema de análise NIRS (Near Infrared Reflectance Spectroscopy) (Fotografia original do autor).

#### 2.4. Análise da Matéria Seca

Para medir a matéria seca foram utilizadas pequenas caixas metálicas, identificadas (figura 26). As caixas foram pesadas vazias e o seu peso e identificação foram registados (figura 27). Depois encheram-se as caixas com pequenas porções da amostra em fresco (cinco caixas por amostra), sendo posteriormente novamente pesadas e registado o seu peso com a amostra. As caixas após a pesagem foram colocadas numa estufa entre 100 e 105°C durante 24 horas (figura 28). Após esse tempo foram retiradas e pesadas, sendo registado novamente o seu peso. Em seguida foram efectuados os cálculos. Subtraiu-se ao peso da caixa mais a amostra o peso seco, e o resultado foi dividido pelo peso da amostra e multiplicado por 100. No final obteve-se o valor da humidade da amostra em percentagem, que subtraído de 100 indicou o valor da matéria seca da amostra. Como foram efectuadas cinco repetições foi calculada a média dessas cinco medições.



**Figura 26:** Caixa metálica identificada para medição da matéria seca (Fotografia original do autor).



**Figura 27:** Balança utilizada para pesar as caixas (precisão 0,0001g) (Fotografia original do autor).



**Figura 28:** Estufa utilizada para análise da matéria seca (Fotografia original do autor).

## 2.5. Análise dos dados

Os resultados da granulometria e da análise química do alimento único (TMR) foram comparados por análise de variância a um factor, testando-se separadamente o processo e o tempo de mistura como factores de variação.

Quando os valores de F da análise de variância foram significativos ( $P < 0,05$ ) as médias ajustadas foram comparadas pelo teste da mais pequena diferença significativa. Estas análises foram realizadas pelo procedimento GLM do programa SAS (SAS, 1991).

Para a construção das matrizes de correlações de Pearson entre a tempo de mistura e a granulometria e entre a granulometria e a análise química recorreu-se ao procedimento CORR do programa SAS.



## Capítulo IV – Resultados

Como foi referido no capítulo anterior, neste estudo foram analisados três processos distintos de mistura tendo em vista a preparação do alimento único (TMR) para as vacas leiteiras. O “Controlo”, em que foi apenas observado e registado o processo tal e qual estava a ser realizado na exploração até ao momento, cuja ordem de entrada dos componentes do alimento composto no misturador foi a seguinte:

- Ração;
- Feno (com início da mistura);
- Silagem;
- Água.

O “Processo A” foi caracterizado pela alteração do início da mistura para o momento em que se coloca a Silagem mantendo a entrada dos componentes pela ordem supra referida. No “Processo B” a ordem de entrada no misturador foi alterada para a seguinte:

- Ração;
- Silagem (com início da mistura);
- Feno;
- Água.

Foi também referido que os processos “A” e “B” foram assim estabelecidos com o intuito de diminuir o tempo a que o feno estava sujeito ao processo mecânico de mistura de forma a manter determinado tamanho de partícula.

### 1. Resultados da Análise Granulométrica

Os dados das quadros dos anexos 1, 2 e 3 relativos às distribuições granulométricas dos processos foram submetidos a análise de variância para se testar o efeito do processo e do tempo de mistura na granulometria do alimento único.

**Quadro 7:** Efeito do processo de preparação no misturador na granulometria da mistura do alimento único (valores em %).

	Controlo	Processo A	Processo B	DPR	Significância <sup>(1)</sup>
<b>19mm</b>	28,6 <sup>a</sup>	24,0 <sup>a</sup>	11,2 <sup>b</sup>	17,3	<b>0,0044</b>
<b>8mm</b>	1,15	1,16	0,99	0,88	<b>0,7724</b>
<b>1mm</b>	51,9 <sup>a</sup>	53,8 <sup>a</sup>	64,4 <sup>b</sup>	14,1	<b>0,0109</b>
<b>Fundo</b>	18,2 <sup>a</sup>	20,9 <sup>b</sup>	23,2 <sup>c</sup>	3,1	<b>&lt;0,0001</b>

<sup>(1)</sup>Nível de significância do valor F da análise de variância.

DPR: Desvio Padrão da Residual.

Numa mesma linha, as médias afectadas por uma mesma letra não são significativamente diferentes ( $P > 0,05$ ).

Assim apresenta-se no quadro 7 o estudo do efeito do processo de mistura na granulometria. Como podemos verificar o “Controlo” e o “Processo A” apresentam semelhanças no que diz respeito à distribuição de partícula nos peneiros de 19 mm e 1 mm de largura de poro. No que diz respeito ao peneiro de 8 mm todos os processos são semelhantes, uma vez que as suas médias não diferem significativamente. Analisando as diferenças significativas que se verificam, nomeadamente no “Processo B”, respeitante às partículas de 19mm e 1 mm, verificamos:

- O “Processo B” origina um decréscimo de 13 pontos percentuais nas partículas retidas no peneiro de 19 mm, comparativamente ao “Processo A” e de 17 pontos percentuais na mesma dimensão de partículas quando comparado com o “Controlo”.
- O “Processo B” verifica um aumento de 13 pontos percentuais em relação ao “Controlo” e de 10 pontos percentuais em relação ao “Processo A” no que diz respeito às partículas retidas no peneiro de 1 mm.

No tabuleiro de fundo verificam-se diferenças significativas entre todos os processos, objectivamente um aumento de 3 pontos percentuais do “Controlo” para o “Processo A” e um aumento de 2 pontos percentuais do “Processo A” para o “Processo B”.

No que diz respeito à influência do tempo de mistura na granulometria, os resultados são apresentados no quadro 8. Numa primeira análise dos dados utilizou-se a variável tempo como variável contínua e calcularam-se as regressões que traduzissem a variação da granulometria em função do tempo de mistura. Como nenhuma das regressões calculadas se mostrou significativa optou-se por agrupar os diferentes tempos de mistura em 3 classes.



Assim a variável tempo é assumida como variável qualitativa e o seu efeito sobre a granulometria da mistura é comparado por análise de variância.

**Quadro 8:** Efeito do tempo de mistura no misturador na granulometria da TMR<sup>(1)</sup> (valores em %).

	Tempo 1 <sup>(2)</sup>	Tempo 2	Tempo 3	DPR	Significância <sup>(3)</sup>
<b>19mm</b>	22,9 <sup>ab</sup>	29,5 <sup>a</sup>	13,7 <sup>b</sup>	17,5	<b>0,0080</b>
<b>8mm</b>	0,92	1,04	1,32	0,87	<b>0,2750</b>
<b>1mm</b>	54,7 <sup>a</sup>	50,3 <sup>a</sup>	63,2 <sup>b</sup>	14,0	<b>0,0066</b>
<b>Fundo</b>	21,2 <sup>a</sup>	19,0 <sup>b</sup>	21,7 <sup>a</sup>	3,5	<b>0,0152</b>

<sup>(1)</sup>TMR: Total Mixed Ration (alimento único).

<sup>(2)</sup>Tempo 1: 13 – 16 minutos; Tempo 2: 17 – 20 minutos; Tempo 3: 21 – 26 minutos.

<sup>(3)</sup>Nível de significância do valor de F da análise de variância.

Numa mesma linha, as médias afectadas por uma mesma letra não são significativamente diferentes ( $P>0,05$ ).

Relativamente às partículas retidas no peneiro superior (19 mm), os tempos 2 e 3 (de 17 a 20 minutos e de 21 a 26 minutos) diferem significativamente. O tempo 2 originou um aumento de 16 pontos percentuais nas partículas de 19 mm comparativamente a intervalos de mistura de 21 a 26 minutos (tempo 3). No entanto o tempo 1 (de 13 a 16 minutos) não é significativamente diferente dos outros dois (tempo 2 e 3).

As três classes de tempo analisadas não mostram influências significativamente diferentes no que diz respeito às partículas no peneiro de 8 mm.

No peneiro subsequente (1 mm) a influência dos tempos 1 e 2 não difere de forma significativa. O mesmo não ocorre com o tempo 3. O tempo 3 (de 21 a 26 minutos) mostra um aumento de 9 pontos percentuais em relação ao tempo 1 (de 13 a 16 minutos) e de 13 pontos percentuais em relação ao tempo 2 (de 17 a 20 minutos).

Na influência das partículas que ficam no tabuleiro de fundo, são os tempos 1 e 3 que não são significativamente diferentes entre eles, não se verificando o mesmo com o tempo 2, que é, de forma significativa, diferente dos outros. Neste caso, o tempo 2 representa um aumento de 2 e 3 pontos percentuais em relação ao tempo 1 e ao tempo 3, respectivamente.

## 2. Resultados da Análise Química

A análise química foi efectuada através do método do NIRS.

O quadro 9 apresenta os resultados do efeito do processo da mistura na composição química do alimento único (com base no conjunto dos dados descritos nos anexos 4,5 e 6).

**Quadro 9:** Efeito do processo de preparação da mistura na composição química da TMR<sup>(1)</sup> (valores em %).

	Controlo	Processo A	Processo B	DPR	Significância
<b>PB</b>	17,0 <sup>a</sup>	16,9 <sup>a</sup>	16,1 <sup>b</sup>	0,77	<b>0,0004</b>
<b>FB</b>	17,9 <sup>a</sup>	16,9 <sup>b</sup>	17,8 <sup>a</sup>	1,13	<b>0,0062</b>
<b>GB</b>	3,16 <sup>a</sup>	3,67 <sup>b</sup>	3,67 <sup>b</sup>	0,33	<b>&lt;0,0001</b>
<b>Cinza</b>	6,61	6,62	6,78	0,37	<b>0,2740</b>
<b>Amido</b>	22,5 <sup>a</sup>	23,9 <sup>b</sup>	22,6 <sup>a</sup>	2,09	<b>0,0364</b>
<b>NDF</b>	41,7 <sup>a</sup>	40,7 <sup>b</sup>	41,1 <sup>ab</sup>	1,16	<b>0,0170</b>
<b>ADF</b>	21,3 <sup>a</sup>	20,5 <sup>b</sup>	21,8 <sup>a</sup>	1,09	<b>0,0011</b>

<sup>(1)</sup>TMR: Total Mixed Ration (alimento único).

<sup>(2)</sup>Nível de significância dos valores de F da análise de variância.

DPR: Desvio Padrão da Residual.

Numa mesma linha, as médias afectadas por uma mesma letra não são significativamente diferentes ( $P>0,05$ ).

Os valores da Proteína Bruta (PB) da TMR só foram significativamente diferentes no “Processo B”. Este processo deu origem a um decréscimo de 1 ponto percentual tanto em relação ao “Controlo” como ao “Processo A”

No que diz respeito às fracções de Fibra Bruta (FB), Amido e ADF foi o “Processo A” que mostrou resultados significativamente diferentes dos outros processos. Em relação à Fibra Bruta (FB), o “Processo A” originou um decréscimo de 1 ponto percentual em relação ao “Controlo” e ao “Processo B”. Respeitante ao ADF, verifica-se o mesmo decréscimo do “Processo A” em relação ao “Controlo” e ao “Processo B”. Já no que diz respeito ao Amido, a diferença mantém-se de 1 ponto percentual, mas ao invés de ser em decréscimo é representado por um acréscimo do “Processo A” em relação ao “Controlo” e ao “Processo B”. Na fracção Gordura Bruta (GB), o processo que mostrou diferenças significativas em

relação aos outros dois foi o “Controlo”. A diferença tanto do “Processo B” como do “Processo A” para o “Controlo” foi um decréscimo de 1 ponto percentual.

A fracção Cinza não registou diferenças significativas em todos os processos.

O teor em NDF, muito importante para este estudo, diferiu de forma significativa entre o “Controlo” e o “Processo A”, representando um decréscimo de 1 ponto percentual do primeiro para o segundo respectivamente, mas o “Processo B” não teve diferenças significativas dos restantes dois processos.

No que diz respeito aos tempos de mistura, estes não tiveram efeito significativo sobre a maioria dos parâmetros químicos analisados. As excepções são constatadas nas fracções de Fibra Bruta (FB) e ADF, em que o único tempo que difere significativamente dos restantes é o tempo 3 (quadro 10). A Fibra Bruta (FB) revelou um acréscimo de 1 ponto percentual no tempo 3 relativamente tanto ao tempo 1 como ao tempo 2. Já a fracção ADF do tempo 3 demonstrou um acréscimo de 1 e 2 pontos, relativamente ao tempo 2 e ao tempo 1 respectivamente.

**Quadro 10:** Efeito do tempo de mistura na composição química da TMR<sup>(1)</sup> (valores em %).

	Tempo 1 <sup>(2)</sup>	Tempo 2	Tempo 3	DPR	Significância <sup>(3)</sup>
<b>PB</b>	16,8	16,8	16,5	0,85	<b>0,2860</b>
<b>FB</b>	17,0 <sup>a</sup>	17,4 <sup>a</sup>	18,1 <sup>b</sup>	1,14	<b>0,0107</b>
<b>GB</b>	3,6	3,5	3,5	0,41	<b>0,6638</b>
<b>Cinza</b>	6,6	6,7	6,7	0,38	<b>0,5817</b>
<b>Amido</b>	23,6	23,1	22,5	2,15	<b>0,2082</b>
<b>NDF</b>	40,8	41,1	41,5	1,20	<b>0,1116</b>
<b>ADF</b>	20,4 <sup>a</sup>	20,9 <sup>a</sup>	22,0 <sup>b</sup>	1,00	<b>&lt;0,0001</b>

<sup>(1)</sup>TMR: Total Mixed Ration (alimento único).

<sup>(2)</sup>Tempo 1: 13 – 16 minutos; Tempo 2: 17 – 20 minutos; Tempo 3: 21 – 26 minutos.

<sup>(3)</sup>Nível de significância do valor de F da análise de variância.

DPR: Desvio Padrão da Residual.

Numa mesma linha, as médias afectadas por uma mesma letra não são significativamente diferentes ( $P>0,05$ ).

### 3. Resultados da Análise da Matéria Seca

A matéria seca foi analisada e calculada pelo método descrito em “Materiais e Métodos”, e os dados recolhidos por processo estão representados nos anexos 7,8 e 9.

Nas quadros 11 e 12 apresenta-se respectivamente o efeito do processo e do tempo de mistura no teor de matéria seca do alimento único.

**Quadro 11:** Efeito do processo de preparação no misturador na matéria seca da TMR<sup>(1)</sup> (valores em %).

	Controlo	Processo A	Processo B	DPR	Significância <sup>(2)</sup>
<b>MS (%)</b>	<b>52,6<sup>a</sup></b>	<b>51,3<sup>b</sup></b>	<b>51,7<sup>ab</sup></b>	<b>1,6</b>	<b>0,0225</b>

<sup>(1)</sup>TMR: Total Mixed Ration (alimento único).

<sup>(2)</sup>Nível de significância do valor F da análise de variância.

DPR: Desvio Padrão da Residual.

Numa mesma linha, as médias afectadas por uma mesma letra não são significativamente diferentes ( $P > 0,05$ ).

A percentagem de matéria seca da mistura difere significativamente do processo “Controlo” para o “Processo A”, apresentando um decréscimo de 1 ponto percentual do primeiro para o segundo. Já o “Processo B” não é significativamente diferente dos outros dois.

O tempo de mistura não influenciou significativamente o teor de matéria seca do alimento único das vacas leiteiras (quadro 12).

**Quadro 12:** Efeito do tempo de mistura na matéria seca da TMR<sup>(1)</sup> (Valores em %).

	Tempo 1 <sup>(2)</sup>	Tempo 2	Tempo 3	DPR	Significância <sup>(3)</sup>
<b>MS (%)</b>	<b>52,2</b>	<b>51,6</b>	<b>51,9</b>	<b>1,68</b>	<b>0,4658</b>

<sup>(1)</sup>TMR: Total Mixed Ration (alimento único).

<sup>(2)</sup>Tempo 1: 13 – 16 minutos; Tempo 2: 17 – 20 minutos; Tempo 3: 21 – 26 minutos.

<sup>(3)</sup>Nível de significância do valor F da análise de variância.

DPR: Desvio Padrão da Residual.

Numa mesma linha, as médias afectadas por uma mesma letra não são significativamente diferentes ( $P > 0,05$ ).

#### 4. Correlações

Os coeficientes de correlação de Pearson entre o tempo de mistura e a granulometria são apresentados na quadro 13.

As correlações existentes sugerem que ao aumentar o tempo de mistura no misturador aumenta a percentagem de partículas de 1 mm. Como o coeficiente de correlação entre o tempo de mistura e as partículas de maior diâmetro (19 mm) é negativo (-0,26606) tal facto sugere que o aumento da percentagem das partículas pequenas (1 mm), com o aumento do tempo de mistura, é feito à custa da diminuição das partículas de maior diâmetro (19 mm).

**Quadro 13:** Coeficientes de correlação de Pearson entre o tempo de mistura e a granulometria da mesma.

	Tempo	19mm	8mm	1mm	Fundo
<b>Tempo</b>	1,00000				
<b>19mm</b>	<b>-0,26606</b> <b>0,0260</b>	1,00000			
<b>8mm</b>	0,14541 0,2297	<b>-0,76556</b> <b>&lt;0,0001</b>	1,00000		
<b>1mm</b>	<b>0,27666</b> <b>0,0204</b>	<b>-0,9422</b> <b>&lt;0,0001</b>	<b>0,78801</b> <b>&lt;0,0001</b>	1,00000	
<b>Fundo</b>	<b>0,19767</b> <b>0,1009</b>	<b>-0,84868</b> <b>&lt;0,0001</b>	<b>0,44750</b> <b>0,0001</b>	<b>0,78995</b> <b>&lt;0,0001</b>	1,00000

Já no que diz respeito às correlações entre a granulometria e a composição química da mistura, chegou-se à matriz apresentada na quadro 14.

**Quadro 14:** Coeficientes de correlação de Pearson entre a granulometria e a composição química da mistura.

	19mm	8mm	1mm	Fundo	Proteína	Fibra	Gordura	Cinza	Amido	NDF	ADF
<b>19mm</b>	1,00000										
<b>8mm</b>	-0,76556	1,00000									
<b>1mm</b>	-0,99422	0,78801	1,00000								
<b>Fundo</b>	-0,84868	0,44750	0,78995	1,00000							
<b>Proteína</b>	0,31220		-0,28216	-0,41508	1,00000						
<b>Fibra</b>					-0,48934	1,00000					
<b>Gordura</b>						-0,70100	1,00000				
<b>Cinza</b>					-0,47753	0,54797		1,00000			
<b>Amido</b>						-0,90710	0,65984	-0,69675	1,00000		
<b>NDF</b>					-0,36004	0,93241	-0,75472	0,30641	-0,80146	1,00000	
<b>ADF</b>				0,30110	-0,56278	0,88452	-0,45374	0,40362	-0,67865	0,79771	1,00000
<b>Nota: Apenas se representam os coeficientes de correlação significativos <math>P &lt; 0,05</math>.</b>											

A única correlação significativa que existe entre a granulometria e a composição química da mistura refere-se à fracção da Proteína Bruta (PB). Esta está positivamente correlacionada com a quantidade de partículas retidas no peneiro superior (19 mm), indicando que à medida que aumenta a quantidade de partículas retidas neste peneiro, aumenta o teor em Proteína da TMR. Já no que diz respeito ao peneiro de 1 mm e ao tabuleiro de fundo a correlação mostra-se negativa, ou seja, à medida que aumenta a quantidade de partículas retidas no peneiro de 1 mm e no tabuleiro de fundo, o teor em Proteína diminui.

Dentro da composição química da TMR são mais as fracções correlacionadas negativamente do que aquelas que se correlacionam de forma positiva. Separando estes dois grupos, vamos observar o seguinte:

- Fracções correlacionadas de forma negativa:
  - Proteína Bruta e Fibra Bruta;
  - Proteína Bruta e Cinza;
  - Proteína Bruta e NDF;
  - Proteína Bruta e ADF;
  - Fibra Bruta e Gordura Bruta;
  - Fibra Bruta e Amido;
  - Gordura Bruta e NDF;
  - Gordura Bruta e ADF;
  - Cinza e Amido.

Estas correlações negativas indicam que se o teor de uma das fracções acima descritas aumentar, o outro vai obrigatoriamente diminuir.

- Fracções correlacionadas de forma positiva:
  - Fibra Bruta e Cinza;
  - Fibra Bruta e NDF;
  - Fibra Bruta e ADF;
  - Gordura Bruta e Amido;
  - Cinza e NDF;
  - Cinza e ADF;
  - NDF e ADF.

Estas correlações positivas descrevem comportamento semelhante entre fracções, ou seja, quando uma das fracções acima mencionadas aumenta, a outra também vai aumentar, embora que não na mesma proporção.

O principal objectivo da análise química foi a quantificação do teor de NDF na matéria seca da TMR. Focando as correlações que esta fracção mostra com as restantes,

analisemos: a correlação que a fracção NDF tem com a Proteína Bruta é negativa, o que sugere que o crescente teor em Proteína irá levar a níveis decrescentes de NDF; com alguma lógica o teor em NDF aumenta quando aumenta o teor em Fibra, pois estas fracções apresentam correlação positiva; por outro lado se se aumentar o teor em Gordura Bruta, o teor em NDF vai diminuir (correlação negativa); a Cinza e o ADF estão positivamente correlacionados com o NDF, sendo que níveis crescentes das duas primeiras fracções levam a níveis crescentes de NDF; por fim a correlação com o Amido apresenta-se negativa, o que indica que crescentes níveis de Amido na TMR levam a níveis decrescentes de NDF.



## Capítulo V – Discussão

### 1. Caracterização granulométrica e química dos alimentos únicos preparados para as vacas

#### 1.1. Granulometria

No que diz respeito à distribuição granulométrica da mistura, nenhum dos processos esteve ajustado aos valores ideais. Atentando às médias dos diferentes peneiros em cada processo, verificamos que nenhum está de acordo com os valores recomendados para a distribuição granulométrica da TMR (Heinrichs e Kononoff, 2004). Recordando estes valores:

- Peneiro superior (19 mm): 2 a 8% de partículas retidas;
- Peneiro do meio (8 mm): 30 a 50% de partículas retidas;
- Peneiro inferior (1 mm): 30 a 50% de partículas retidas;
- Tabuleiro do fundo: 20% ou menos de partículas retidas.

Nenhum dos processos originou uma distribuição do tamanho das partículas ideal, como se pode verificar nos gráficos elaborados pela folha de cálculo disponibilizada pela Universidade do Estado da Pensilvânia (figuras 29, 30 e 31).

Pela análise das médias vemos que no geral os três processos apresentam valores de percentagem de matéria retida no primeiro peneiro muito superiores à recomendada, verificando-se a mesma situação no que diz respeito ao peneiro de 1 mm.

No peneiro de 8 mm a situação mostra-se extremamente preocupante, pois as médias dos três processos encontram-se muito abaixo dos valores pretendidos. Apesar de haver uma retenção excessiva no primeiro peneiro, é de relembrar que mais do que a média da granulometria, o que importa é a sua distribuição, pelo que o facto de a retenção no segundo peneiro ser tão abaixo da média deve ser tomada em conta. Deveria ser tomada em linha de conta a opção de aumentar a incorporação de silagem na TMR, sem que no entanto se prejudique o valor energético do alimento que é necessário aos animais com este tipo de produção, pois a silagem tem potencialidades de melhorar a granulometria do alimento único, nomeadamente no que diz respeito à melhoria da média de partículas retidas no peneiro do meio (8 mm), por ter partículas com dimensões características deste peneiro.

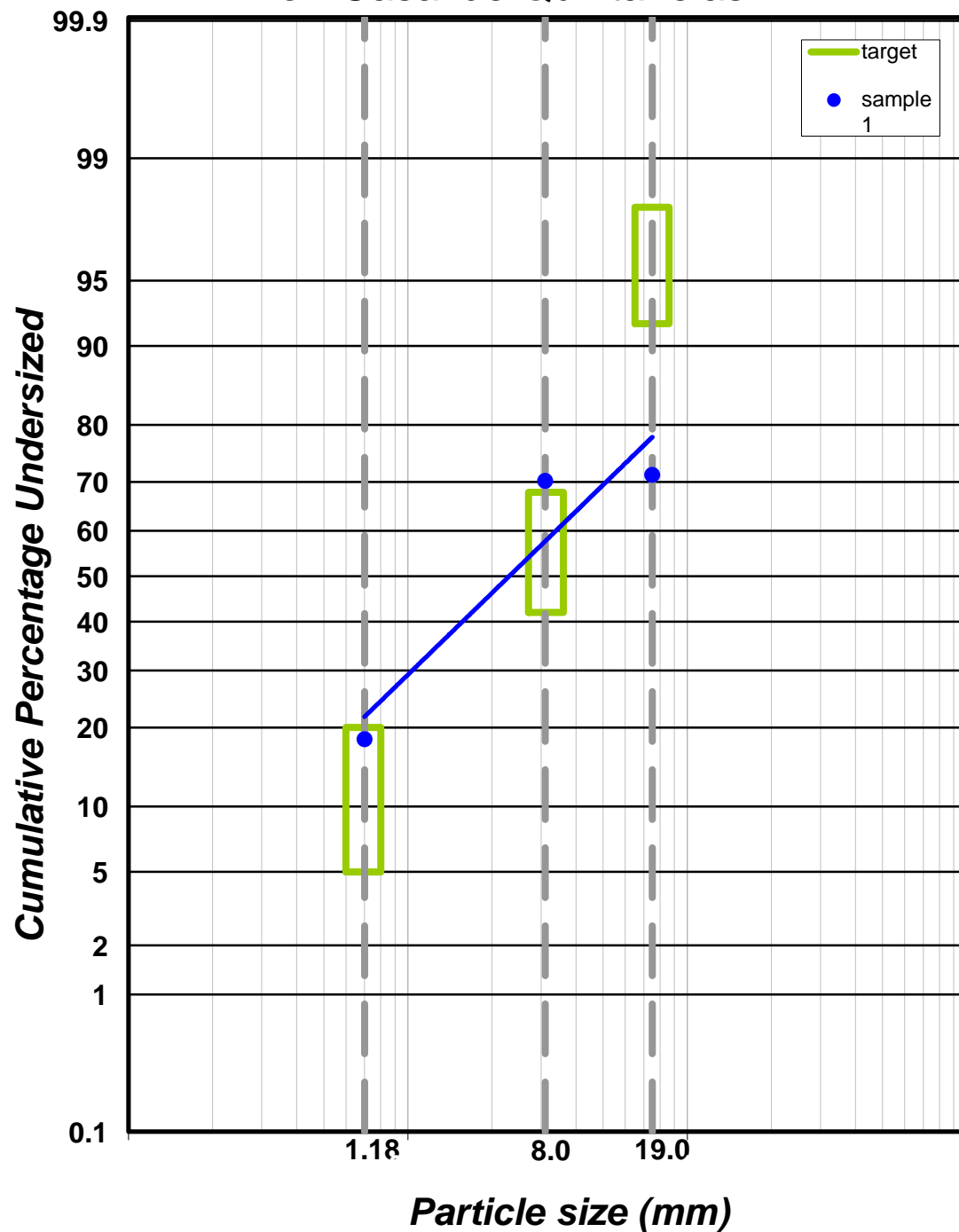
No tabuleiro de fundo apenas o “Controlo” registou uma média dentro dos valores recomendados (18,2%), sendo que os restantes verificaram uma média superior aos valores recomendados.



# TMR Particle Size Analysis

DAIRY &  
ANIMAL  
SCIENCE

For: Casal de Quintanelas

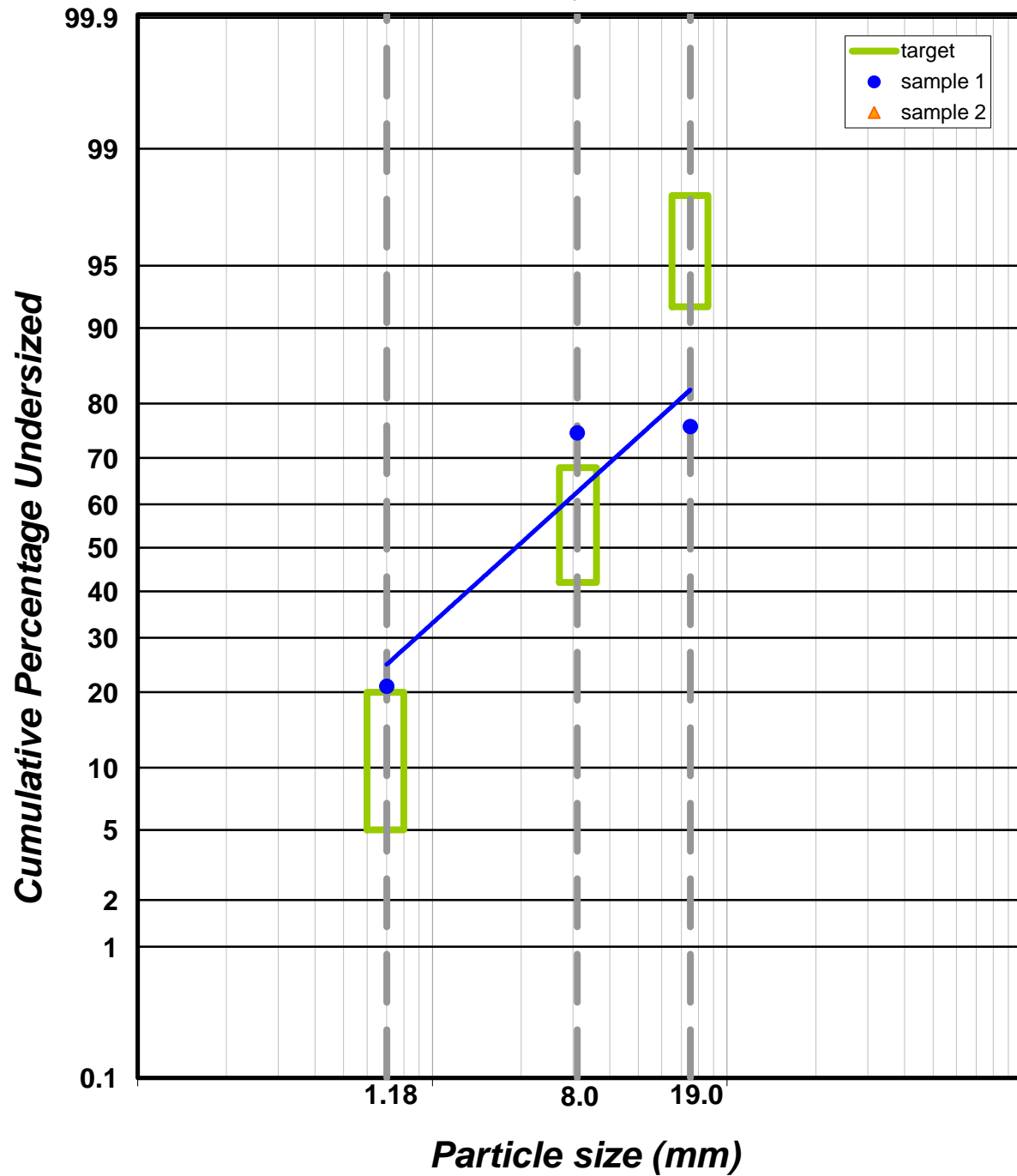


**Figura 29:** Gráfico da distribuição média do tamanho da partícula do processo “Controlo”.

Nota: TMR: Total mixed ration (alimento único)

# TMR Particle Size Analysis

For: Casal de Quintanelas

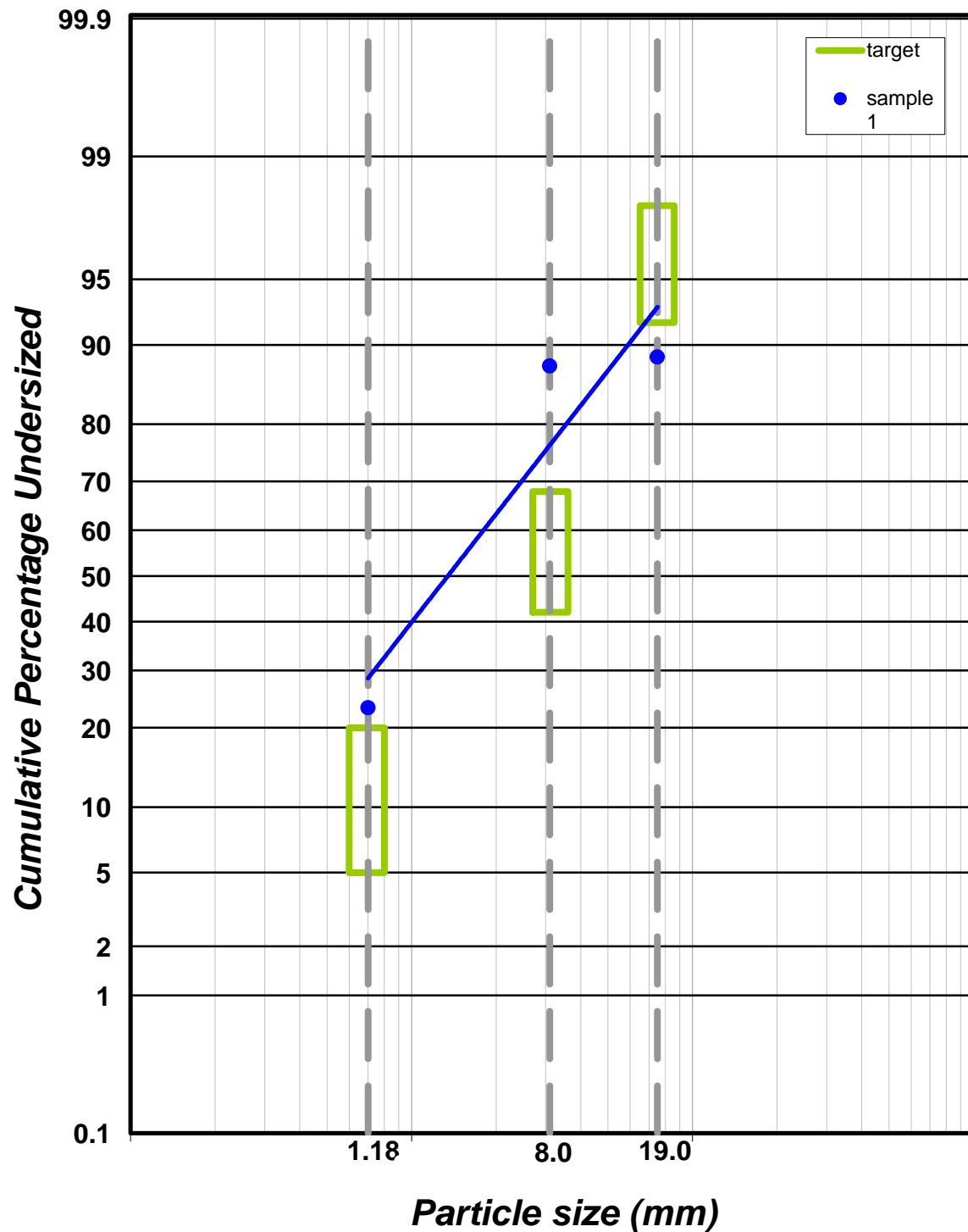


**Figura 30:** Gráfico da distribuição do tamanho da partícula do “Processo A”.

Nota: TMR: total mixed ration (alimento único).

# TMR Particle Size Analysis

For: Casal de Quintanelas



**Figura 31:** Gráfico da distribuição do tamanho da partícula do “Processo B”.

Nota: TMR: total mixed ration (alimento único).

## 1.2. Análise química

Como já foi referido, a análise química mostrou que os parâmetros de PB, GB, FB, Cinza, Amido e ADF se encontram adequados a uma TMR. Todas as análises verificaram valores de GH e NH inferiores aos limites de exclusão. No entanto, verificamos que o teor de NDF se encontra muito desajustado daquele que é ideal para o tipo de vacas que se encontram na exploração, nomeadamente vacas entre médias a altas produtoras (produzem entre 30 e 36kg de leite por dia). A média dos valores de NDF dos processos estabelecidos encontra-se entre 41 e 42% de NDF na matéria seca, quando deveria encontrar-se entre 28 e 37%. Tal não se verifica, e os valores reportados estariam mais adequados a vacas baixas produtoras (que produzem menos de 27kg de leite por dia). Porém, o alimento é formulado com base na energia net do alimento composto, e o nutricionista tem que em primeiro lugar responder às necessidades energéticas dos animais, que se mostram mais prementes. Seria interessante encontrar uma solução de compromisso entre aumentar o nível de silagem, reduzindo possivelmente a quantidade de feno, por forma a diminuir o elevado teor de NDF, sem comprometer a supressão das necessidades energéticas.

Importa referir que para se avaliar a fibra física efectiva um possível método descrito seria analisar o teor de NDF e de humidade de cada peneiro, e não referente à totalidade da amostra. Porém os métodos para a medição de fibra física efectiva não estão padronizados, e não existe um método geral e globalmente aceite para efectuar tal análise, nem tão pouco valores de referência.

No geral, tanto a granulometria como o teor de NDF estão muito desajustados daquilo que se pretendia, o que sugere que possam trazer implicações ao nível do metabolismo das vacas. O facto de haver uma retenção elevada no primeiro peneiro não invalida o facto de haver muitas partículas retidas no peneiro de 1 mm e no tabuleiro de fundo, pois como já foi referido não é a média que importa, mas sim a distribuição global. Assim, vamos ter animais com maiores susceptibilidades de desenvolverem acidoses, deslocamento de abomaso, e pelos mecanismos anteriormente descritos, vamos ter possivelmente um leite com menor teor de gordura.

## **2. Efeito do processo de mistura na granulometria e composição química do alimento**

Pela análise dos resultados estatísticos obtidos, constatámos que o processo implementado para misturar o alimento único mostrou diferenças em alguns pontos, tanto da granulometria, como da composição química dos alimentos.

Relativamente à granulometria, no geral, o processo que revelou ter mais diferenças significativas foi o “Processo B”. Sendo que este processo foi caracterizado pela alteração da ordem de entrada das componentes do alimento único no misturador, percebemos que a granulometria referente ao primeiro peneiro foi melhorada em relação aos outros dois processos (uma vez que estes não diferem significativamente entre si). Tal deverá estar relacionado com o facto de o feno ser introduzido mais tarde na mistura. Não foi sujeito à pressão que seria exercida por levar a silagem e a água sobre ele, e esteve menos tempo sujeito ao processo de mistura. Por outro lado, no que diz respeito ao peneiro de 1 mm, a situação foi piorada em muito pelo “Processo B”: o facto de a silagem ter sido colocada mais cedo no misturador fez com que estivesse sujeita mais tempo ao processo de mistura. É natural que as partículas quebrem mais e aumente a quantidade das mesmas até ao peneiro inferior, e até mesmo ao tabuleiro do fundo onde se registou uma situação semelhante. No tabuleiro do fundo, o “Controlo” foi o único a registar valores dentro dos recomendados, mas tal pode ser enganador, pois como registou uma percentagem de partículas retidas no primeiro peneiro muito elevada, estas podem “acamar” e impedir a passagem de partículas com granulometria inferior, por se tratar de uma amostra fresca. Além disso poderá estar também relacionado com as quantidades de ração colocadas no misturador. O processo de colocação dos alimentos dentro do misturador é feito através do balde da “Bob Cat”. Por vezes é difícil controlar de forma firme o braço basculante deste, e como leva quantidades grandes de alimento, nomeadamente a ração que tem partículas muito pequenas, é fácil deitar alimento a mais.

No que diz respeito à composição química as diferenças significativas registaram-se principalmente no “Processo A”. A retenção no primeiro peneiro diminuiu, para valores mais próximos dos pretendidos, não piorando a distribuição no peneiro inferior e no tabuleiro de fundo. Tal facto poderá estar relacionado com os tempos de mistura que se verificaram neste processo, que foram no geral inferiores aos restantes, pois o início da mistura era feito mais tarde.

### **3. Efeito do tempo de mistura na granulometria e na composição química do alimento**

No que diz respeito aos tempos de mistura há vários pontos a ter em consideração. Se por um lado um tempo de mistura maior (tempo 3) diminui a quantidade de partículas retidas no primeiro peneiro, aproximando os valores médios aos valores ideais, por outro lado piora e muito a distribuição granulométrica de tamanhos de partícula de 1 mm ou inferiores. Os tempos de mistura mais prolongados levam a maiores quebras de partículas com tamanhos superiores, fazendo com que depois de quebradas se acumulem com partículas de tamanho inferior. A aproximação que o tempo de mistura mais prolongado faz à distribuição ideal no primeiro peneiro não é compensatória pelo facto de piorar a distribuição em peneiros subsequentes. Diminui partículas com tamanho superior a 19 mm, mas são estas que de facto estimulam a ruminação e previnem os animais de problemas metabólicos descritos anteriormente.

Por outro lado, os tempos de mistura não pareceram muito influentes na composição química do alimento único, com excepção das fracções fibrosas (Fibra Bruta e ADF). No entanto não é possível verificar se estes são adequados ou não, pois não existem referências bibliográficas para estes valores. Os valores registados foram diferentes mas próximos.

Além disso, temos que ter em conta o consumo de energia. Os tempos mais reduzidos não pioram muito a distribuição granulométrica no geral e permitem economizar tempo e gasóleo, uma vez que estando mais tempo a misturar significa que o tractor vai ter que estar acelerado mais tempo.

Assim, tempos de mistura mais curtos mostram-se pouco penalizadores e mais rentáveis.

## Capítulo VI – Conclusão

O trabalho realizado debruçou-se sobretudo na análise granulométrica e na análise química, mais propriamente no teor de NDF, por serem parâmetros importantes da alimentação das vacas leiteiras, e que podem levar a problemas metabólicos nos animais e terem consequências a nível económico na exploração.

Em relação à granulometria, mesmo com a implementação de processos diferentes daquele que estava a uso na exploração, a sua distribuição não se mostrou a melhor. As percentagens de matéria retida por peneiro estão desajustadas dos valores recomendados. Ainda assim o “Processo A” revelou ser o “melhor” dos três processos analisados, pois melhora ligeiramente a percentagem de partículas com tamanho promotor da actividade de ruminação e que melhor conseguem precaver os animais de problemas metabólicos. Além disso é o processo menos dispendioso a nível de tempo, o que pode ter implicações a nível de gasto de combustível.

O teor de NDF mostrou-se desajustado, sendo que deveria ser mais baixo do que aquele que na realidade é. Tal resultado deve ser posto em paralelo com a excessiva quantidade de partículas no primeiro peneiro, e no segundo a percentagem de amostra retida ser muito aquém dos valores recomendados. Para inverter tal tendência deveria ser colocada a hipótese de se alterar a formulação, por forma a incorporar mais silagem (possivelmente retirando alguma quantidade de feno) que contém partículas com características ideais para haver uma distribuição mais adequada no tamanho da partícula, e contornar o problema da escassez de matéria no segundo peneiro. No entanto esta alteração da formulação não pode ser feita de ânimo leve, pois deve garantir-se que o valor energético e a fracção proteica continuam a responder às necessidades dos animais.

Em relação à matéria seca, esta foi analisada só como meio de controlo e diagnóstico da qualidade e homogeneidade da mistura, que mostraram estar adequadas.

O estudo da granulometria é bastante importante por todas as implicações que pode ter na estabilidade de uma exploração. Assim deveriam ser feitos mais estudos nesta área a fim de se chegar a uma fórmula que obtivesse uma distribuição granulométrica o mais próximo possível da aconselhada.



## Capítulo VII – Referências Bibliográficas

AHVENJARVIS, S., Skiba, B., Huhtanen, P., 2001. *Effects of heterogeneous digesta chemical composition on the accuracy of measurements of fiber flow in dairy cows*. Journal of Animal Science, 79:1611-1620.

ÁLVAREZ, C. Arzola, Viezca, J. A. Bocanegra, Murphy, M. R., Chavina, J. Salinas, Luna, A. Corral, Romanos, A., Barrena, O. Ruiz, Muela, C. Rodríguez, 2010. *Particle size distribution and chemical composition of total mixed rations for dairy cattle: water addition and feed sampling effects*. Journal of Dairy Science, 93:4180-4188.

BACHA, Fernando, Villamide, María Jesús, 2010. *Comparación y evaluación de los sistemas de oresentación de pienso. Ruminantes*. FEDNA.

BAILEY, A. T., Erdman, R. A., Smith, L. W., Sharma, B. K., 1990. *Particle size reduction during initial mastication of forages by dairy cattle*. Journal of Animal Science, 68:2084-2094.

BAUMAN, D.E., Baumgard, L.H., Corl, B.A., Griinari, J.M., 1999. *Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants*. Proceedings of the American Society of Animal Science, pp.1-15.

BAUMGARD, L.H., Corl, B.A., Dwyer, D.A., Bauman, D.E., 2000. *Effects of conjugated linoleic acids (CLA) on tissue response to homeostatic signals and plasma variables associated with lipid metabolism in lactating dairy cows*. Journal of Animal Science, 80:1285-1293.

BERZAGHI, Paolo, sem data. *Using NIRS to determine sample differences: range, homogeneity*. NIRS consortium/ University of Padua, Italy.

BESSA, Rui, 2009. Tópicos avançados do metabolismo ruminal de vacas leiteiras. Pp. 17-23.

DEVRIES, T. J., Beauchemin, K. A., Dohme, F., Genswein, K. S. Schwartzkopf, 2009. *Repeated ruminal acidosis challenges in lactating dairy cows at high and low risk for developing acidosis: feeding, ruminating, and lying behavior*. Journal of Dairy Science, 92:5067-5078.

DeVRIES, T. J., Dohme, F., Beauchemin, K. A., 2008. *Repeated ruminal acidosis challenges in lactating dairy cows at high and low risk for developing acidosis: feed sorting*. Journal of Dairy Science, 91:3958-3967.

ELLIS, W.C., Mahlooji, M., Lascano, C.E., Matis, J.H., 2005. *Effects of size of ingestively masticated fragments of plant tissues on kinetics of digestion of NDF*. Journal of Animal Science, 83:1602-1615.

Estatísticas agrícolas de 2007 a 2010, Instituto Nacional de Estatística.

Anuário Pecuário 2006-07. Gabinete de Planeamento e Políticas. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas. Pp 184-189.

HEINRICHS, A. J., Buckmaster, D. R., Lammers, B. P., 1999. *Processing, mixing, and particle size reduction of forages for dairy cattle*. Journal of Animal Science, 77:180-186.

HEINRICHS, Jud, Kononoff, Paul, 2004. *Evaluating particle size of forages an TMRs using the New Penn State Forage Particle Separator*. Department of Dairy and Animal Science.

KONONOFF, P. J., Heinrichs, A. J., 2007. *Forage and TMR particle size and effects on rumen fermentation of dairy cattle*. USDA NRCS CIG program.

OKINE, E. K., Mathison, G. W., 1991. *Effects of feed intake on particle distribution, passage of digesta, and extent of digestion in the gastrointestinal tract of cattle*. Journal of Animal Science, 69:3435-3445.

RINNE, M., Huhtanen, P., Jaakkola, S., 2002. *Digestive processes of dairy cows fed silages harvested at four stages of grass maturity*. Journal of Animal Science, 80:1986-1998.

RUSTOMO, B., Alzahal, O., Ondongo, N. E., Duffield, T. F., McBride, B. W., 2006. *Effects of rumen acid load from feed and forage particle size on ruminal pH and dry matter intake in the lactating dairy cow*. Journal of Dairy Science, 89:4758-4768.

STONE, W. C., 2004. *Nutritional approaches to minimize subacute ruminal acidosis and laminitis in dairy cattle*. Journal of Dairy Science, 87: (E. Suppl.): E13-E26.

TELLER, E., Vanbelle, M., Kamatal, P., Gollignon, G., Page, B., Matatu, B., 1990. *Effects of chewing behavior and ruminal digestion processes on voluntary intake of grass silages by lactating dairy cows*. Journal of Animal Science, 68:3897-3904.

VAN SAUN, R. J., Heinrichs, A. J., 2008. *Troubleshooting silage problems: how to identify potential problems*. Departement of Dairy and Animal Science.

YANG, W. Z., Beauchemin, K. A., 2007. *Altering physically effective fiber intake through forage proportion and particle length: chewing and ruminal pH*. Journal of Dairy Science, 90:2826-2838.

YANG, W. Z., Beauchemin, K. A., Rode, L. M., 2001. *Effect of dietary factors on distribution and chemical composition of liquid – or solid – associated bacterial populations in the rumen of dairy cows*. Journal of Animal Science, 79:2736-2746.

YANG, W.Z., Beauchemin, K.A., 2006. *Physically effective fiber: method of determination and effects on chewing, ruminal acidosis, and digestion by dairy cows*. Journal of Dairy Science, 89:2618-2633.

ZEBELI, Q., Tajaf, M., Steingass, H., Metzler, B., Drocher, W., 2006. *Effects of physically effective fiber on digestive processes and milk fat content in early lactating dairy cows fed total mixed rations*. Journal of Dairy Science, 89:651-668.

## ANEXOS

**Anexo 1:** Distribuição granulométrica e tempos de mistura do processo “Controlo” (valores em %).

RESULTADOS DA ANÁLISE GRANULOMÉTRICA (% por peneiro)						
Data		Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5
Tempo de mistura		19' 0"	18' 31"	20' 58"	20' 07"	21' 05"
Peneiros	Amostra					
19 mm	1	39,93	36,67	45,17	28,54	0,84
	2	65,71	19,6	57,75	19,05	0,55
	3	51,34	21,41	30,04	1,44	2,71
	4	24,28	36,54	45,84	24,06	1,48
	5	61,22	48,58	49,22	2,19	1,14
8 mm	1	0,72	0,38	0,31	0,71	2,71
	2	0,13	0,86	0,28	0,81	4
	3	0,35	1,31	0,79	2,79	2,59
	4	0,95	0,34	0,22	1,56	2,26
	5	0,24	0,29	0,3	1,44	2,29
1 mm	1	44,43	43,91	37,01	50,34	77,55
	2	23,46	58,97	28,64	59,45	73,6
	3	34,52	56,8	50,84	73,33	73,51
	4	55,67	45,02	37,83	53,66	78,37
	5	26,33	34,92	35,14	71,84	73,56
Fundo	1	14,73	19,94	17,21	20,15	18,89
	2	10,48	20,1	13,12	20,49	21,78
	3	13,67	20,37	18,23	22,15	21,23
	4	18,87	18,04	15,94	20,48	17,94
	5	11,97	16,15	15,15	24,34	23,07

**Anexo 2:** Distribuição granulométrica e tempos de mistura do “Processo A” (valores em %).

RESULTADOS DA ANÁLISE GRANULOMÉTRICA (% por peneiro)						
Data		Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5
Tempo de mistura		12' 58”	17' 31”	16' 54”	17' 57”	15' 15”
Peneiros	Amostra					
19 mm	1	29,75	42,06	27,06	17,82	49,65
	2	1,1	43,34	2,81	1,59	15,16
	3	1,25	59,33	42,65	4,58	34,62
	4	9,41	38,48	8,14	7,02	40,85
	5	17,69	39,3	36,9	4,59	23,81
8 mm	1	0,77	0,24	0,46	1,28	0,11
	2	1,85	0,16	2,76	2,25	1,13
	3	2,09	0,4	0,47	2,54	0,38
	4	1,45	0,17	1,97	2,63	0,36
	5	0,94	0,44	0,58	3,02	0,56
1 mm	1	50,8	38,16	50,32	60,36	32,91
	2	71,52	36,5	70,59	73,21	61,37
	3	70,84	27,29	37,44	70,19	44,44
	4	65,88	40,84	67,02	67,55	39,85
	5	59,57	39,88	45,03	70,85	52,53
Fundo	1	18,39	19,38	22,09	20,23	17,02
	2	25,49	19,79	23,85	22,76	22,24
	3	25,73	12,84	19,48	22,52	20,4
	4	23,16	20,41	22,88	22,66	18,7
	5	21,76	20,2	17,46	21,4	22,89

**Anexo 3:** Distribuição granulométrica e tempos de mistura do “Processo B” (valores em %).

RESULTADOS DA ANÁLISE GRANULOMÉTRICA (% por peneiro)					
Data		Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4
Tempo de mistura		15' 46"	21' 55"	26' 36"	23' 10"
Peneiros	Amostra				
19 mm	1	31,81	3,09	11,68	8,16
	2	24,59	16,25	1,43	2,96
	3	26,49	1,31	5,05	9,34
	4	8,3	11,32	5,3	4,12
	5	25,14	4,27	11,44	11,21
8 mm	1	0,3	1,19	1,18	1,4
	2	0,49	0,4	1,75	2,12
	3	0,44	0,85	1,18	1,11
	4	0,8	0,72	1,24	1,18
	5	0,41	1,09	0,86	1
1 mm	1	49,08	71,65	63,45	67,28
	2	54,48	60,4	70,77	74,21
	3	51,19	70,05	67,68	66,27
	4	65,93	65,14	66,62	70,61
	5	53,33	69,26	63,61	66,32
Fundo	1	15,63	24	23,33	23,27
	2	20,17	22,94	25,85	20,69
	3	21,76	27,72	25,74	23,1
	4	24,81	22,83	26,68	24,04
	5	21	25,42	23,88	21,42

**Anexo 4:** Resumo da composição química das diferentes amostras no processo “Controlo” (valores em % da matéria seca).

RESULTADOS DA ANÁLISE DO NIR (% da matéria seca)						
	Data:	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5
Parâmetro:	Amostra:					
Proteína	1	17,98	16,42	16,76	16,83	17,24
	2	18,28	16,01	16,69	16,47	17,07
	3	18,36	16,95	16,48	15,61	17,51
	4	18,53	16,09	16,32	17	17,98
	5	17,56	16,33	16,82	16,53	17,31
Fibra	1	16,67	17,99	17,99	17,86	18,99
	2	16,71	18,3	18,07	17,68	17,74
	3	16,95	18,29	18,17	19,42	18,25
	4	16,54	19,11	17,27	17,62	17,06
	5	17,44	18,87	18,04	18,1	18,24
Gordura	1	3,63	2,93	3,1	3,21	3,12
	2	3,71	3	3,03	3,11	3,4
	3	3,58	2,74	3,02	2,92	3,28
	4	3,64	2,78	3,27	3	3,34
	5	3,47	2,74	2,85	3,02	3,19
Cinza	1	6,77	6,75	6,39	6,59	6,65
	2	7,02	7,07	6,17	6,56	6,43
	3	6,85	6,64	6,38	6,91	6,6
	4	6,48	7,06	6,14	6,17	6,4
	5	6,99	6,93	6,31	6,51	6,53
Amido	1	22,92	22,48	23,27	22,23	21,47
	2	22,49	21,47	23,41	23,28	23,92
	3	21,93	21,46	23,33	20,07	22,21
	4	23,12	19,8	24,48	23,61	23,76
	5	21,58	20,84	23,14	22,41	22,64
NDF	1	40,41	41,69	41,95	41,53	42,63
	2	40,12	41,74	42,16	41,32	41,44
	3	40,55	42,25	42,16	43,03	41,85
	4	40,41	42,68	41,58	41,78	40,93
	5	40,97	42,45	42,15	41,91	41,99
ADF	1	19,66	21,5	21,8	21,34	22,96
	2	19,33	21,6	21,98	21,6	21,73
	3	19,75	21,2	22,16	22,64	22,18
	4	19,4	22,12	20,55	21,15	20,57
	5	20,43	22,53	21,73	21,6	22,06



**Anexo 5:** Resumo da composição química das diferentes amostras no “Processo A” (valores em % da matéria seca).

RESULTADOS DA ANÁLISE DO NIR (%)						
	Data:	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5
Parâmetro:	Amostra:					
Proteína	1	17,18	18,03	16,46	16,09	17,55
	2	16,49	16,9	18,32	16,33	17,99
	3	16,64	17,14	16,44	15,32	16,36
	4	16,79	16,72	16,64	15,82	16,31
	5	17,97	17,6	18,43	16,12	16,75
Fibra	1	17,74	17,02	17,71	15,11	15,2
	2	18,51	18,23	15,63	14,96	14,59
	3	18,3	17,13	17,81	17,26	17,64
	4	18,15	18,69	18,8	15,91	17,16
	5	16,6	16,63	15,59	15,41	17,11
Gordura	1	3,05	3,7	3,72	4,14	3,94
	2	2,9	3,4	3,71	4,34	4,12
	3	2,96	3,79	3,54	3,94	3,79
	4	2,94	3,38	3,66	4,2	3,67
	5	3,12	3,83	3,83	4,3	3,82
Cinza	1	6,97	6,44	6,96	6,91	5,95
	2	7,05	6,6	5,91	6,38	5,82
	3	6,79	6,57	6,7	7,02	7,05
	4	6,85	6,97	6,98	6,62	6,56
	5	6,59	6,54	6,04	6,44	6,83
Amido	1	20,51	23,08	22,62	27,16	27,57
	2	20,15	22,3	26,72	28,36	28,33
	3	20,73	23,11	23,04	23,84	22,66
	4	20,68	20,63	20,38	26,87	24,68
	5	22,47	23,99	26,33	27,77	23,6
NDF	1	41,26	40,84	41,14	38,34	39,27
	2	42,12	42,3	39,96	38,64	38,69
	3	42,1	41,26	41,8	40,78	41,16
	4	41,88	42,38	42,73	39,59	41,01
	5	40,43	40,45	39,76	39,12	40,62
ADF	1	20,09	21,34	21,38	19,39	19,23
	2	20,92	22,13	19,88	19,35	18,64
	3	20,77	20,53	21,23	20,72	21,11
	4	20,52	22,53	21,87	20,17	21,1
	5	19,08	20,76	19,77	19,87	20,87

**Anexo 6:** Resumo da composição química das diferentes amostras no “Processo B” (valores em % da matéria seca).

RESULTADOS DA ANÁLISE DO NIR (%)					
	Data:	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4
Parâmetro:	Amostra:				
Proteína	1	16,93	18,22	17,04	14,99
	2	15,66	16,33	16,32	15,29
	3	15,88	16,03	15,77	15,85
	4	16,26	16,2	15,62	16,04
	5	15,2	16,41	15,53	16,4
Fibra	1	14,79	14,87	16,6	19,08
	2	17,85	18,08	17,39	19,16
	3	16,44	18,13	18,35	18,77
	4	16,83	17,72	18,59	18,81
	5	18,16	18,2	19,4	18,35
Gordura	1	4,09	4,28	3,87	3,42
	2	3,41	3,74	3,74	3,46
	3	3,67	3,79	3,66	3,53
	4	3,77	3,79	3,53	3,41
	5	3,49	3,77	3,55	3,43
Cinza	1	5,82	5,98	6,29	7,34
	2	6,59	6,93	6,58	6,98
	3	6,95	7,48	6,9	6,7
	4	6,7	7,85	6,92	6,68
	5	6,76	6,92	6,8	6,38
Amido	1	27,67	27,17	24,1	20,89
	2	23,5	22,12	23,14	20,41
	3	24,73	21,15	21,72	21,84
	4	23,56	20,69	21,29	20,99
	5	22,76	21,79	20,44	22,69
NDF	1	38,87	38,18	39,91	41,85
	2	41,46	40,95	40,49	42,3
	3	39,59	40,66	41,32	42,02
	4	40,31	39,98	41,77	42,4
	5	41,68	41,16	44,67	41,92
ADF	1	18,49	19,42	20,96	22,14
	2	21,65	22,42	21,82	22,82
	3	20,23	22,24	22,79	22,99
	4	20,25	21,66	22,68	22,22
	5	21,81	22,56	23,52	22,52

**Anexo 7:** Resumo do teor de matéria seca do processo “Controlo” (valores em %).

MATÉRIA SECA (%)					
Data:	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5
Amostra:					
1	54,8	49,97	51,27	50,75	54,49
2	54,52	50,26	50,58	51,91	54,2
3	55	51,13	52,21	51,64	54,71
4	55,68	49,78	51,25	51,07	54,87
5	55,18	50,08	51,9	51,71	54,85

**Anexo 8:** Resumo do teor de matéria seca do “Processo A” (valores em %).

MATÉRIA SECA (%)					
Data:	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5
Amostra:					
1	52,29	48,74	49,35	51,65	51,82
2	54,06	49,11	49,99	51,29	52,68
3	52,6	48,79	50,33	51,31	53,41
4	52,09	50,25	50,3	51,27	51,92
5	53,2	50,64	51,03	52,47	51,75

**Anexo 9:** Resumo do teor de matéria seca do “Processo B” (valores em %).

MATÉRIA SECA (%)				
Data:	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4
Amostra:				
1	53,3	51,37	50,53	50,98
2	52,53	50,77	50,44	52,01
3	53,16	51,13	50,71	51,7
4	53,62	51,18	50,52	52,25
5	54,22	50,73	50,46	52,04